



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI UBI JALAR MENGGUNAKAN
PENGUAT LOGAM ZnO
DAN PENGUAT ALAMI CLAY**

SKRIPSI

**ADITYO FAJAR NUGROHO
0906604016**

**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI UBI JALAR
MENGUNAKAN PENGUAT LOGAM ZnO
DAN PENGUAT ALAMI CLAY**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan
disetujui untuk diajukan dalam sidang ujian Skripsi.**

**ADITYO FAJAR NUGROHO
0906604016**


**UNIVERSITAS INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Laporan skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Adityo Fajar Nugroho

NPM : 0906604016

Tanda Tangan : 

Tanggal : 18 Juni 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Adityo Fajar Nugroho
 NPM : 0906604016
 Program Studi : Teknik Kimia
 Judul Skripsi : Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO Dan Penguat Alami Clay

Telah berhasil dipertahankan dihadapan dewan penguji dan diterima persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Kimia Fakultas Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Heri Hermansyah, ST., M.Eng (.....)

Penguji : Prof.Dr.Ir. Anondho Widjanarko, M.Eng (.....)

Penguji : Dr. Muhamad Sahlan, S.Si., M.Eng (.....)

Penguji : Bambang Heru Susanto, ST., MT (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 29 Juni 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena melalui ridho dan pertolongan-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik mungkin. Penulisan skripsi dengan judul “Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam Zno Dan Penguat Alami *Clay*”, dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Dalam penulisan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Heri Hermansyah, S.T, M.Eng sebagai dosen pembimbing yang memberikan masukan, mengarahkan, dan tak henti-hentinya mendukung pembuatan skripsi ini.
2. Prof. DR. Ir. Widodo W. Purwanto, DEA, selaku Ketua Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Kimia Universitas Indonesia.
3. Bapak Bambang Heru Susanto, S.T, M.T selaku dosen pembimbing akademik.
4. Kedua orang tua dan adikku yang selalu memberikan do'a, dorongan dan semangat kepada penulis.
5. Ahmad Erfan dan Eldo Sularto Marbun yang memberikan ide, saran dan kritik kepada penulis.
6. Keluarga besar Graha Ksatriya atas segala dorongan dan dukungan yang diberikan kepada penulis.
7. Jaka, Dika dan Ni'matulloh atas persahabatan yang terjalin.
8. Rekan – rekan perancangan pabrik.
9. Rekan – rekan Laboratorium Rekayasa Produk Kimia dan Alam atas bantuan yang diberikan.
10. Kang Jajat, Mang ijal, dan Mas Eko atas bantuan yang diberikan selama penulis melakukan penelitian.
11. Femme Savante atas motivasi dan cinta yang tiada henti kepada penulis.
12. Seluruh civitas Universitas Indonesia.
13. Rekan – rekan Ekstensi Teknik Kimia Universitas Indonesia Angkatan 2009.
14. Serta berbagai pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut membantu penulis selama ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan penulis untuk kesempurnaan skripsi ini. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih.

Depok, Juli 2012

Penulis



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Adityo Fajar Nugroho
NPM : 0906604016
Program Studi : Ekstensi
Departemen : Teknik Kimia
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 :

SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI UBI JALAR MENGGUNAKAN PENGUAT LOGAM ZNO DAN PENGUAT ALAMI CLAY

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyampaikan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 18 Juni 2012
Yang menyatakan



(Adityo Fajar Nugroho)

ABSTRAK

Nama : Adityo Fajar Nugroho
Program Studi : Teknik Kimia
Judul : Sintesis Bioplastik Dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO Dan Penguat Alami Clay

Perkembangan plastik konvensional yang terbuat dari minyak bumi berbasis sintesis polimer yang tidak dapat terdegradasi di lingkungan atau terurai menyebabkan masalah serius bagi lingkungan. Plastik menjadi sumber utama pembentukan limbah karena memiliki kemampuan degradasi yang rendah. Penggunaan polimer yang berasal dari sumber daya terbarukan dan berkelanjutan untuk mengembangkan bioplastik merupakan alternatif yang inovatif. Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan terurai oleh aktivitas mikroorganisme setelah terpakai. Pada penelitian kali ini, sumber polimer alami berasal dari pati tumbuhan berumbi. Pati yang digunakan adalah pati ubi jalar, sebagai penguat/pengisi (*filler*) digunakan ZnO dan Clay. Gliserol digunakan untuk mengubah polimer sesuai dengan yang diinginkan (pemlastis) yang disebut dengan *Plasticizer*. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *melt intercalation* Sedangkan untuk menganalisis penelitian dilakukan pengujian morfologi; *FT-IR*, *XRD*, dan *SEM*, pengujian *biodegradable* dan pengujian mekanik ; *Tensile Strength* dan *Elongation*, dan analisis *WVTR*. Ketika ZnO divariasikan dari 1 – 9% kekuatan tarik meningkat dari 24,80 kgf/cm² menjadi 64,19 kgf/cm² . Begitu juga dengan Clay yang mengalami kenaikan dari 13,05 kgf/cm² menjadi 40,22 kgf/cm². Derajat elongasi ZnO mengalami penurunan dari 26,96% menjadi 6,00%. Begitu pula dengan Clay dengan penurunan dari 27,00% hingga 5,17%. Nilai WVTR bioploplastik/clay 6% sebesar 7,86(g/m².jam).

Kata kunci: Bioplastik, Pati, *Melt Intercalation*, ZnO, Clay

ABSTRACT

Name : Adityo Fajar Nugroho
Study Program : Chemical Engineering
Title : Bioplastic Synthesis of Sweet Potato Starch Using ZnO Metal
and Clay Natural Reinforcements

Development of conventional plastics made from petroleum-based synthetic polymers is hard to be degraded or decomposed in the environment and causing a serious problem to the environment. Plastic become the primary source of waste generation due to its low degradation ability. The use of polymers that derived from renewable and sustainable resources in developing an innovative bioplastic is a promising alternative. Bioplastic are plastics that can be used just like conventional plastic, but it can be decomposed by microorganism activity. In this study, the source of a natural polymer is derived from starch bulbous plants. The starch used was sweet potato starch, while the filler used was ZnO and Clay. Glycerol is used in accordance to change the desired polymer, and called as plasticizers. The method used in this study is the melt intercalation. To analyze the study, the morphology test such as FT-IR, XRD, and SEM was conducted, also the mechanical test and biodegradable test such as Tensile Strength, elongation test, and WVTR analysis. When ZnO was varied from 1-9%, the tensile strength is increased from 24.80 to 64.19 kgf/cm² kgf/cm². The bioplastic's tensile strength made from the clay filler also increase from 13.05 to 40.22 kgf/cm² kgf/cm². The bioplastic's elongation degree from ZnO filler is decreased from 26.96% to 6.00 % . Similarly, bioplastic's elongation degree from clay filler is decrease from 27.00 % to 5.17%.. WVTR values bioplastic/clay 6% is 7.86 (g/m².hr).

Keywords: Bioplastics; Melt intercalation; Starch, ZnO, Clay

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Plastik.....	5
2.2 Bioplastik.....	5
2.3 Biodegradasi.....	6
2.4 Komposit.....	6
2.4.1 Reinforcement / Filler (Penguat).....	7
2.4.2 Matriks.....	7

2.5 Biokomposit.....	7
2.6 Preparasi Bioplastik.....	8
2.6.1 Eksfoliasi / Adsorpsi.....	8
2.6.2 Polimerisasi In Situ Interkalatif.....	8
2.6.3 Interkalasi Larutan /Interkalasi prepolimer dari larutan.....	9
2.6.4 Melt Intercalation.....	9
2.7 Pati Ubi Jalar.....	11
2.8 State of The Art Penelitian Bioplastik.....	13
2.9 ZnO.....	15
2.10 Clay.....	16
2.11 Gliserol.....	18
2.12 Karakteristisasi Material Bioplastik.....	19
2.12.1 Karakterisasi XRD.....	19
2.12.2 Karakterisasi FT-IR.....	21
2.12.3 Karakterisasi Kekuatan Tarik.....	22
2.12.4 Analisis WVTR.....	23
2.12.5 Analisis Biodegradabilitas.....	23
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	24
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian.....	27
3.3 Prosedur Penelitian.....	29
3.4 Analisis Hasil Penelitian.....	31
BAB 4. PEMBAHASAN.....	33
4.1 Hasil Studi Kelayakan Pati Ubi Jalar Sebagai Matriks Dalam Pembuatan Bioplastik.....	33
4.1.1 Hasil Persiapan Bahan.....	33
4.2 Hasil Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Bioplastik.....	36
4.2.1 Hasil Pembuatan Bioplastik Dengan Variasi	

Konsentrasi ZnO.....	36
4.2.2 Hasil Pembuatan Bioplastik Dengan Variasi	
Konsentrasi Clay.....	39
4.3 Hasil Uji Sifat Mekanik.....	42
4.3.1 Hasil Sifat Mekanik Bioplastik Dengan Variasi	
Konsentrasi ZnO.....	42
4.3.2 Hasil Sifat Mekanik Bioplastik Dengan Variasi	
Konsentrasi Clay.....	46
4.4 Perbandingan Hasil Analisis Kuat Tarik dan Elongasi	
dari Tiga Filler Alami Pada Plastik Biodegradable.....	49
4.5 Hasil Analisis Kuat Tarik dan Elongasi dari Kombinasi Clay Optimum	
dengan ZnO Pada Plastik Biodegradable.....	54
4.6 Hasil Analisis Kuat Tarik dan Elongasi dari Kombinasi Filler dalam fraksi	
Massa.....	57
4.7 Hasil Uji Sifat Morfologi Bioplastik dengan Konsentrasi Clay 6%.....	59
4.7.1 Hasil Analisis FT-IR.....	59
4.7.2 Hasil Analisis XRD.....	62
4.7.3 Hasil Analisis SEM.....	65
4.7.4 Hasil Analisis WVTR.....	68
4.7.5 Uji Biodegradabilitas.....	70
4.8 Perbandingan Hasil Penelitian Pati Ubi Jalar/Clay dengan Hasil penelitian Pati	
Kentang/Clay Kazem Majzadeh-Ardakani.....	71
 BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	 76
DAFTAR PUSTAKA.....	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan eksfoliasi (Ray et al., 2003)....	8
Gambar 2.2. Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan polimerisasi In Situ interkalatif pada nylon/clay nanocomposites (Ray et al., 2003).....	9
Gambar 2.3. Ilustrasi pembuatan bioplatik dengan <i>melt intercalation</i> tampak diantara dua lapisan (Ray et al., 2003).....	10
Gambar 2.4. Ilustrasi berbagai pembuatan komposit antara polimer dengan layered clay pada conventional composit, intercalated nanocomposite dan exfoliated nanocomposite (Denault et al., 2004).....	10
Gambar 2.5. Amilosa (Wahyu,2009).....	11
Gambar 2.6. Amilopektin (Wahyu,2009).....	12
Gambar 2.7. ZnO.....	15
Gambar 2.8. Molekul ZnO (www.webelements.com).....	15
Gambar 2.9. Clay.....	16
Gambar 2.10. Molekul Gliserol.....	18
Gambar 2.11. FT-IR.....	22
Gambar 4.1. Ubi Jalar Putih.....	33
Gambar 4.2. Pati Ubi Jalar.....	34
Gambar 4.3. Bioplastik dengan 0% ZnO dan 25% Gliserol.....	36
Gambar 4.4. Bioplastik dengan 3% ZnO dan 25% Gliserol.....	37
Gambar 4.5. Bioplastik dengan 6% ZnO dan 25% Gliserol.....	37
Gambar 4.6. Bioplastik dengan 9% ZnO dan 25% Gliserol.....	38
Gambar 4.7. Bioplastik dengan 0% Clay dan 25% Gliserol.....	39

Gambar 4.8. Bioplastik dengan 1% Clay dan 25% Gliserol.....	40
Gambar 4.9. Bioplastik dengan 3% Clay dan 25% Gliserol.....	40
Gambar 4.10. Bioplastik dengan 6% Clay dan 25% Gliserol.....	41
Gambar 4.11. Bioplastik dengan 9% Clay dan 25% Gliserol.....	42
Gambar 4.12. Grafik Pengaruh Konsentrasi ZnO terhadap kuat tarik dan elongasi.....	44
Gambar 4.13. Grafik Pengaruh Konsentrasi Clay terhadap kuat tarik dan elongasi.....	48
Gambar 4.14. Hasil Uji Tensile Streght dan Elongation (Arkadani,2009).....	49
Gambar 4.15. Grafik Perbandingan Tensile Streght dari 3 Filler Alami.....	53
Gambar 4.16. Grafik Perbandingan Tensile Elongation dari 3 Filler Alami.....	53
Gambar 4.17. Grafik Perbandingan Tensile Streght dan Elongasi dari 3 Filler Alami.....	54
Gambar 4.18. Grafik Perbandingan Tensile Streght dan Elongasi dari Kombinasi Clay Optimum dengan ZnO.....	56
Gambar 4.19. Grafik Perbandingan Tensile Streght dan Elongasi dari Kombinasi Filler dalam fraksi massa.....	57
Gambar 4.20. Spectra FT-IR Bioplastik Ubi Jalar dengan Pengisi Clay 6%.....	59
Gambar 4.21. Spektra FT-IR pati Kentang dengan pengisi clay termodifikasi oleh Ardakani(2009).....	60
Gambar 4.22. Hasil Analisis XRD.....	63
Gambar 4.23. SEM Bioplastik 6% clay perbesaran 250x.....	65
Gambar 4.24. SEM Bioplastik 0% clay perbesaran 250x.....	65
Gambar 4.25. SEM Bioplastik 6% clay perbesaran 2500x.....	66
Gambar 4.26. SEM Bioplastik 0% clay perbesaran 2500x.....	66

Gambar 4.27. SEM Bioplastik 6% clay perbesaran 5000x.....	66
Gambar 4.28. SEM Bioplastik 0% clay perbesaran 5000x.....	67
Gambar 4.29. SEM Bioplastik 6% clay perbesaran 10000x.....	67
Gambar 4.30. SEM Bioplastik 0% clay perbesaran 10000x.....	67
Gambar 4.31. Grafik WVTR Bioplastik.....	69
Gambar 4.32. Hasil Uji Biodegradabilitas ZnO 6% dan Clay 6%.....	71
Gambar 4.33. Spektra FT-IR pati Kentang dengan pengisi clay termodifikasi oleh Ardakani(2009).....	73
Gambar 4.34. Spectra FT-IR Bioplastik Ubi Jalar dengan Pengisi Clay 6%.....	74
Gambar 4.35. Hasil SEM dari penelitian Ardakani (2009) dengan konsentrasi Clay 6%	75
Gambar 4.36. SEM Bioplastik 6% clay perbesaran 250x.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kandungan pati pada beberapa bahan pangan.....	12
Tabel 2.2. Karakteristik pati.....	13
Tabel 2.3. <i>State of The Art</i>	14
Tabel 4.1. Hasil Uji Ukuran Partikel ZnO.....	35
Tabel 4.2. Spesifik teknik Clay.....	35
Tabel 4.3. Analisis Kimia Clay.....	35
Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sifat mekanik ZnO.....	44
Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sifat mekanik Clay.....	47
Tabel 4.6. Hasil Pengujian Sifat mekanik Clay.....	50
Tabel 4.7. Hasil Pengujian Sifat mekanik Chitosan.....	52
Tabel 4.8. Hasil Pengujian Sifat mekanik Cellulose.....	51
Tabel 4.9. Hasil Pengujian Sifat mekanik kombinasi bioplastik filler clay optimum dan filler ZnO.....	55
Tabel 4.10. Hasil Pengujian Sifat mekanik kombinasi bioplastik filler dalam fraksi massa.....	58
Tabel 4.11. Hasil Pengujian FT-IR Bioplastik 6% Clay.....	62
Tabel 4.10. Perbandingan hasil uji WVTR.....	69
Tabel 5.1 Perbandingan hasil uji WVTR.....	76

Daftar Lampiran

Lampiran 1. SNI 7188.7:2011

Lampiran 2. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler Clay 1%

Lampiran 3. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler Clay 3%

Lampiran 4. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler Clay 6%

Lampiran 5. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler Clay 9%

Lampiran 6. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler ZnO 0%

Lampiran 7. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler ZnO 3%

Lampiran 8. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler ZnO 6%

Lampiran 9. Hasil Uji Bioplastik dengan Filler ZnO 9%

Lampiran 10. Hasil Uji WVTR Bioplastik dengan Filler Clay 6%



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik konvensional yang terbuat dari minyak bumi berbasis sintesis polimer tidak dapat terdegradasi oleh lingkungan, seperti di tempat pembuangan sampah, telah menyebabkan masalah serius bagi lingkungan (Chevallard,2011). Pada saat ini, sebanyak 200 juta ton plastik diproduksi di seluruh dunia per tahunnya. Plastik menjadi sumber utama pembentukan limbah karena memiliki kemampuan degradasi yang rendah (Rhim,2007). Pada umumnya plastik terbuat dari *polyethylene* dan *polypropylene* yang sulit terurai oleh mikroorganisme di lingkungan (Gonzales-Gutierrez,2010). Kekhawatiran terhadap sumber daya yang tidak dapat diperbaharui yang terbatas pada lingkungan, penggunaan sumber daya yang dapat terbaharui untuk memproduksi material kemasan biodegradable yang dapat menjaga kualitas produk dan mengurangi masalah limbah buangan saat ini sedang diujicoba (Rhim,2007). Didorong oleh meningkatnya kesadaran pemerintah dan masyarakat, penggunaan polimer yang berasal dari sumber daya terbarukan dan berkelanjutan untuk mengembangkan bioplastik merupakan alternatif yang inovatif dan menjanjikan (Chevallard,2011). Penggunaan material *biodegradable* dari sumber daya alam sangat membantu mengurangi persentase jumlah plastik yang ada. Oleh karena itu,sudah dilakukan beberapa upaya untuk mempercepat laju penguraian dari plastik polimer dengan cara mengganti beberapa atau seluruh polimer sintesis dengan polimer alami dalam banyak aplikasi sebagai upaya untuk meminimalisasi masalah lingkungan (Gonzalez-Gutierrez,2010).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk membuat bioplastik dengan menggunakan beberapa polimer alami, seperti protein, pati, dan bakteri (Jerez, 2007 ; Gonzalez-Gutierrez, 2011; David Plackett, 2003). Pada penelitian kali ini, sumber pati yang digunakan adalah ubi jalar. Selain sebagai biopolimer yang biodegradable, kandungan pati yang dimiliki ubi jalar cukup besar (Hartati , 2003 ; Cui, 2005) dan semua bahan tersebut mudah didapatkan di seluruh wilayah Indonesia.

Adanya bahan penguat/pengisi tersebut dalam biopolimer akan memberikan pengaruh pada sifat-sifat komposit yang terbentuk (Bayandori, 2009). Jika pati (fasa organik) tersebut digabung dengan penguat/pengisi (fasa anorganik) yang berukuran nano akan membentuk suatu bioplastik. Beberapa macam pengisi yang dapat diisi ke dalam matriks pati adalah *layer silicates*, *carbon nanotubes*, *carbon black*, *metal (platinum, palladium, and silver)*, dan *metal oxide nanoparticles*.

Penggunaan Seng oksida (ZnO) dan *Clay* sebagai bahan pengisi dalam komposit masih baru dilakukan beberapa tahun terakhir ini. Sampai saat ini, penelitian tentang bioplastik yang menggabungkan pati ubi jalar dengan ZnO dan *Clay* sebagai matriks untuk pembentukan plastik yang bersifat *biodegradable* masih belum ditemukan.

Dalam penelitian kali ini digunakan juga bahan untuk mengubah polimer sesuai dengan yang diinginkan (pemlastis) yang disebut dengan *Plasticizer*. Berbagai *plasticizer* seperti gliserol, urea air, dan formamida telah dilakukan terhadap pati dengan tujuan untuk menurunkan rantai interaksi molekul yang kuat dan meningkatkan kemampuan proses dan kekuatan mekanis. Pemlastis polimer yang biasa digunakan adalah pemlastis dari golongan kelompok poliol seperti gliserol, sorbitol dan xilitol, sehingga digunakanlah pemlastis gliserol untuk mengoptimasi bioplastik (Qiao,2010). Pembuatan bioplastik dengan kondisi operasi yakni konsentrasi ZnO dan *Clay* sebagai *filler* dan konsentrasi gliserol yang tepat pada pati ubi jalar sebagai matriksnya diharapkan dapat menghasilkan produk plastik yang bersifat *biodegradable*.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *melt intercalation*. Dibandingkan dengan metode yang lain interkalasi larutan, *eksfoliasi*, dan polimerisasi in situ interkalatif, metode ini memiliki keunggulan yaitu tidak memerlukan penambahan pelarut pada pengisi yang dicampur dengan matriks polimer sehingga ramah bagi lingkungan. Untuk menganalisis penelitian, pengujian sifat morfologi dengan pengujian, *FT-IR*, *XRD*, dan *SEM*, sedangkan untuk uji sifat mekanik digunakan Tensile Strenght and Elongation dan uji *WVTR*. Dilakukan juga uji untuk biodegradabilitasnya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Pada konsentrasi berapakah, ZnO dan *Clay* sebagai pengisi dan gliserol sebagai bahan pemlastis sehingga diperoleh material dengan sifat morfologi dan mekanik yang kompatibel?
2. Berapa kondisi optimum yang diberikan penguat/pengisi ZnO dan *Clay* dalam bioplastik sehingga diperoleh produk plastik yang biodegradable ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Memperoleh kondisi proses yang optimal pada bioplastik yang terbentuk, yaitu konsentrasi ZnO dan *Clay* sebagai penguat/pengisi dan gliserol sebagai bahan pemlastis
2. Mengetahui karakteristik morfologi dan mekanik dari bioplastik yang terbentuk.

1.4 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan:

1. Metode yang digunakan pada pembuatan bioplastik adalah *melt intercalation*.
2. Gliserol yang digunakan adalah gliserol proanalisis.
3. Sumber pati yang digunakan adalah pati dari ubi jalar dengan ekstraksi pati dilakukan oleh peneliti.
4. Bioplastik terbentuk saat campuran ZnO dan *Clay*, gliserol, air dengan pati ubi jalar terbentuk menjadi bioplastik.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan makalah seminar ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi penjelasan mengenai latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan makalah.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan teori umum tentang plastik, komposit, *filler* dan matriks, bioplastik, metode *melt intercalation* pada pembuatan bioplastik, ZnO, *Clay*, pati ubi jalar dan gliserol.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi penjelasan tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian, dan prosedur percobaan.

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri atas hasil percobaan dan analisis data hasil pengamatan yang dimulai dari hasil studi kelayakan pati ubi jalar sebagai matriks dalam pembuatan bioplastik, dilanjutkan dengan hasil optimasi kondisi proses pembuatan bioplastik, dan hasil karakterisasi sifat mekanik dan fisik dari bioplastik.

BAB V : KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan mengenai pembuatan bioplastik dengan menggunakan pati ubi jalar, ZnO, *Clay* dan gliserol.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik adalah senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi molekul- molekul kecil (monomer) hidrokarbon yang membentuk rantai yang panjang dengan struktur yang kaku. Plastik merupakan senyawa sintesis dari minyak bumi (terutama hidrokarbon rantai pendek) yang dibuat dengan reaksi polimerisasi molekul- molekul kecil (monomer) yang sama, sehingga membentuk rantai panjang dan kaku dan akan menjadi padat setelah temperatur pembentukannya (ASTM D6400, 1999).

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau keekonomian. Hampir semua plastik sulit untuk diuraikan. Plastik yang memiliki ikatan karbon rantai panjang dan memiliki tingkat kestabilan yang tinggi, sama sekali tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme (Wardani, 2009).

Untuk standar internasional digunakan ASTM D6400 (penjelasan bisa dilihat di Lampiran 1) tentang plastik *biodegradable*, sedangkan untuk saat ini di Indonesia belum ada standart nasional tentang plastik biodegradable jadi pada penelitian ini masih menggunakan SNI 7188.7:2011 tentang kriteria ekolabel – bagian 7 : kategori produk kantong belanja plastik (penjelasan bisa dilihat pada lampiran 2)

2.2 Bioplastik

Bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir berupa air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan tanpa meninggalkan sisa yang

beracun. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik biodegradabel merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan. Bioplastik dapat diperoleh melalui sumber – sumber yang bervariasi. Seperti protein, lipid dan polisakarida (Gonzalez – Gutierrez, 2010).

2.3 Biodegradasi

Biodegradasi yaitu proses pemecahan cemaran organik oleh aktivitas mikroorganisme seperti bakteri, jamur dan alga yang melibatkan serangkaian reaksi enzimatik. Umumnya terjadi karena senyawa tersebut dimanfaatkan sebagai sumber makanan (substrat). Biodegradasi yang lengkap disebut juga sebagai mineralisasi, dengan produk akhirnya berupa karbondioksida dan air (ASTM, 1999).

2.4 Komposit

Komposit didefinisikan sebagai gabungan serat-serat dan resin. Penggabungannya sangat beragam, fiber atau serat ada yang diatur memanjang (*unidirectional composites*), ada yang dipotong-potong kemudian dicampur secara acak (*random fibers*), ada yang dianyam silang lalu dicelupkan dalam resin (*cross-ply laminae*), dan lainnya. Komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari logam, kekakuan jenis (*modulus Young/density*) dan kekuatan jenisnya lebih tinggi dari logam. Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal dimana merupakan susunan dari paling tidak terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya.

Dalam prakteknya komposit terdiri dari suatu bahan utama (*matrik – matrix*) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (*fibre*). Komposit mempunyai dua bagian yaitu *reinforcement/filler* (penguat) dan matriks.

2.4.1 *Reinforcement/Filler* (Penguat)

Reinforcement atau *filler* berfungsi untuk menguatkan atau mengeraskan material dari suatu komposit. Beberapa jenis penguat yang biasa digunakan antara lain penguat

yang berupa fiber, dan partikel. Contohnya antara lain adalah *glass fiber*, katun dan *organic fiber*.

2.4.2 Matriks

Matriks adalah suatu bahan yang memiliki fungsi sebagai penjaga dari filler agar tetap pada tempatnya dalam struktur, melindungi filamen, membantu dalam pendistribusian beban, serta membawa regangan interlaminer. Matriks dapat dijumpai dalam bentuk logam, keramik dan polimer.

2.5 Biokomposit

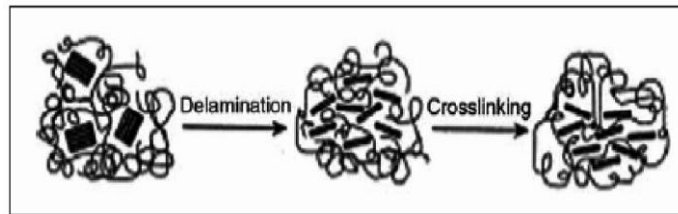
Biokomposit adalah suatu material komposit yang merupakan gabungan dari polimer alami sebagai fasa organiknya. Penguat sangat mempengaruhi sifat-sifat dari biokomposit yang dihasilkan. Penggunaan bahan penguat berskala nano menunjukkan perbaikan pada sifat fisik dan mekanik seperti kuat tarik, thermal stability bila dibandingkan dengan material konvensional lainnya. Penggunaan bahan pengisi yang memiliki sifat semikonduktor akan menghasilkan komposit yang memiliki sifat semikonduktor pula. Karena itu, struktur dan sifat fungsional biokomposit dapat dibuat sesuai dengan keinginan dengan memilih bahan penguatnya. Dalam beberapa penelitian telah dikembangkan komposit dengan tujuan sebagai material semikonduktor. Seperti poly(vinylpyridine), dan photographic gelatin (Avella, 2009).

2.6 Preparasi Bioplastik

Berbagai metode pembuatan bioplastik dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.6.1 Eksfoliasi/adsorpsi

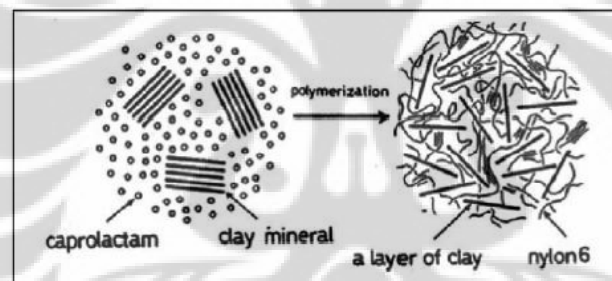
Pertama-tama, sekumpulan lapisan (*layered host*) mengalami pengelupasan dalam pelarut (air, toluena, dll.) yang polimernya dapat larut pada pelarut tersebut. Setelah itu, polimer diadsorpsi ke dalam permukaan lapisan satu demi satu dan setelah pelarut menguap ketika pengendapan, lapisan tersebut satu demi satu teratur kembali. Ilustrasinya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan eksfoliasi (Ray et al., 2003)

2.6.2 Polimerisasi In Situ Interkalatif

Pada metode ini, polimer dibentuk diantara lapisan dengan mengembangkan kumpulan lapisan dalam monomer cair atau larutan monomer sehingga pembentukan polimer dapat terjadi antara lembar yang terinterkalasi. Pembentukan polimer (polimerisasi) dapat dimulai dengan panas/radiasi/difusi (Zhao, 2008). Ilustrasinya dapat diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan Polimerisasi In Situ Interkalatif pada Nylon-6/clay nanocomposites (Ray et al., 2003)

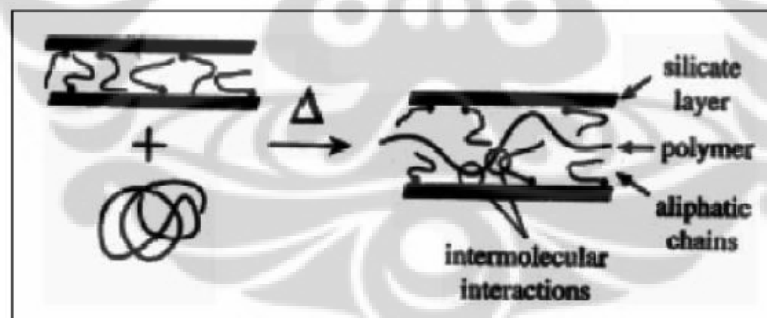
2.6.3 Interkalasi Larutan/ Interkalasi prepolimer dari larutan

Metode ini didasarkan pada pengembangan sistem pelarut dimana biopolimer atau bio-prepolimer, seperti pati dan protein terlarut dan nanofillers anorganik (biasanya silikat). Pertama, silikat berlapis dikembangkan di dalam suatu pelarut seperti air, kloroform, atau toluena. Kedua, ketika biopolimer dan larutan nanopartikel yang mengembang dicampur, rantai polimer akan terinterkalasi dan menggantikan pelarut dalam interlayer dari silikat. Ketiga, setelah penghilangan pelarut, struktur yang telah terinterkalasi akan tertinggal dan akan membentuk bio-polimer/silikat berlapis bionanokomposit (Zhao, 2008).

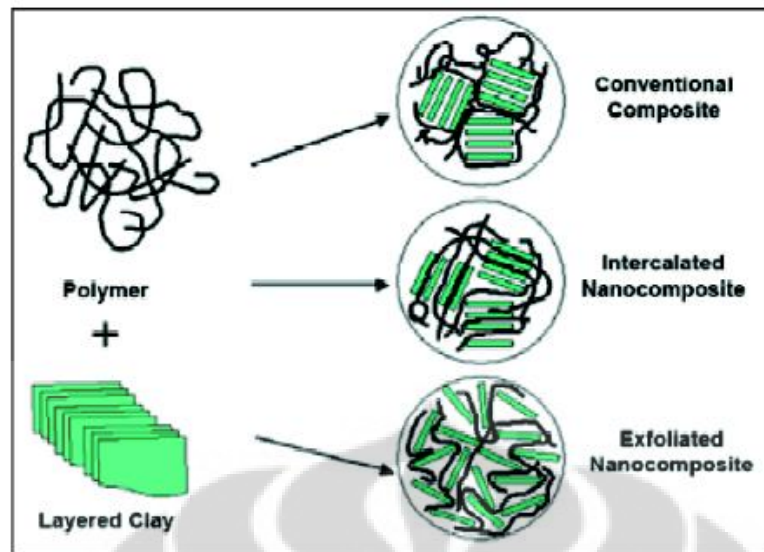
2.6.4 *Melt intercalation*

Proses pembuatan bionanokomposit pada metode ini tidak memerlukan penambahan pelarut. Silikat berlapis dicampur dengan matriks polimer dalam *molten state*, ikatan polimer akan bergerak perlahan-lahan ke dalam ruang antar lapisannya (Ma, 2008). Proses penyebaran ikatan polimer ke dalam galeri lapisan silikat menjadi bagian penting pada proses *melt intercalation* (Li et al., 2002).

Melt intercalation merupakan metode yang ramah lingkungan karena tidak digunakannya pelarut organik yang nantinya dapat menjadi limbah, sementara metode eksfoliasi, polimerisasi in situ interkalatif dan interkalasi larutan menggunakan pelarut tersebut. Selain itu, *melt intercalation* juga kompatibel dengan proses industri seperti pada *injection molding*. Pada *melt intercalation*, pembuatan bionanokomposit dilakukan dengan tujuan untuk menguatkan material, yaitu dengan cara memanaskan dan mendinginkan material.. Ilustrasi *melt intercalation* yang tampak dari dua lapisan ditunjukkan pada Gambar 2.3. Sedangkan, ilustrasi *melt intercalation* yang tampak dari banyak lapisan ditunjukkan pada Gambar 2.4 bagian tengah



Gambar 2.3. Ilustrasi pembuatan nanokomposit dengan *melt intercalation* tampak diantara dua lapisan (Ray et al., 2003)

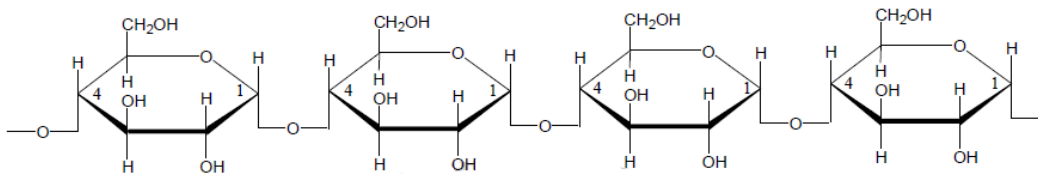


Gambar 2.4. Ilustrasi berbagai pembuatan komposit antara polimer dengan *layered clay* pada *conventional composite*, *intercalated nanocomposite* dan *exfoliated nanocomposite* (Denault et al., 2004)

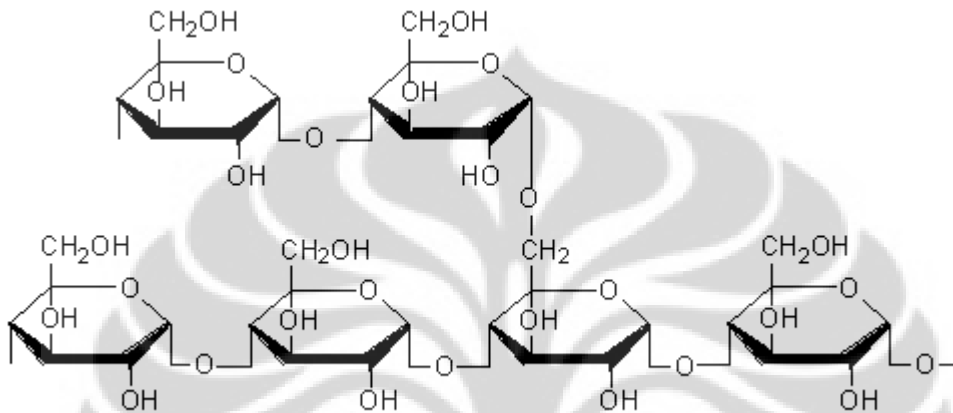
2.7 Pati Ubi Jalar

Pati merupakan karbohidrat yang tersebar dalam tanaman terutama tanaman berklorofil. Bagi tanaman pati merupakan cadangan makanan yang terdapat pada biji, batang dan pada bagian umbi tanaman. Pati telah lama digunakan sebagai bahan makanan maupun ahan tambahan dalam sediaan farmasi (Ben,2007).

Secara alamiah pati merupakan campuran dari amilosa dan amilopektin. Komposisi amilosa dan amilopektin berbeda-beda pada tiap tumbuhan. Adanya perbedaan kadar amilosa dan amilopektin menyebabkan sifat pati dari berbagai tumbuhan berbeda-beda. Amilosa memberikan sifat keras (*pera*) dan memberikan warna biru tua pada tes iodin, sedangkan amilopektin menyebabkan sifat lengket dan tidak menimbulkan reaksi pada tes iodin. Amilosa terdiri dari D-glukosa yang terikat dengan ikatan α -1,4 glikosidik sehingga molekulnya merupakan rantai terbuka. Amilopektin juga terdiri atas molekul D-glukosa yang sebagian besar mempunyai ikatan α -1,4 glikosidik dan sebagian lagi ikatan α -1,6 glikosidik. Adanya ikatan α 1,6 glikosidik menyebabkan molekul amilopektin memiliki cabang dan sebagian lagi ikatan α -1,6 glikosidik. Adanya ikatan α -1,6 glikosidik menyebabkan molekul amilopektin memiliki cabang (Wahyu,2009).



Gambar 2.5 Amilosa
Sumber: Wahyu (2009)



Gambar 2.6 Amilopektin
Sumber: Wahyu (2009)

Pada saat ini banyak penelitian tentang bioplastik yang menggunakan pati sebagai matriksnya. Pada penelitian kali ini digunakan pati ubi jalar, dimana ubi jalar mengandung 90% pati dalam basis kering. Kadar amilosa yang terkandung dalam pati ubi jalar adalah sebesar 8,5 – 37,4% dan amilopektin sebesar 62,6 %. Dalam Tabel. 2.1 dapat dilihat kandungan pati dari beberapa bahan pangan.

Tabel 2.1. Kandungan pati pada beberapa bahan pangan (Cui, 2005)

Bahan Pangan	Pati (% dalam basis kering)
Jagung	57
Biji Gandum	67
Talas	73
Kentang	75
Beras	89
Ubi Jalar	90
Singkong	90

Tabel 2.2. Karakteristik pati (Cui, 2005)




Jenis pati	Bentuk Granula	Ukuran Granula (μm)	Kandungan Amilosa/Amilopektin (% Ratio)
Beras	Poligonal	3-8	17/83
Singkong	Oval	4-35	18/82
Ubi jalar	Poligonal	16-25	19/81
Talas	Oval	3-30	22/78
Kentang	Bundar	15-100	24/76
Gandum	Elips	2-35	25/75
Jagung	Poligonal	5-25	26/74

2.8 State of The Art Penelitian Bioplastik

Dalam beberapa tahun terakhir ini berbagai penelitian yang berhubungan dengan material pembuatan bioplastik telah dilakukan. Penggunaan gliserol dan kelompok poliol lainnya sebagai agen pemlastis pembentuk bioplastik pun juga sudah dilaporkan. Penggunaan matriks dari bahan alami pun telah dilakukan. Diantaranya adalah dengan kombinasi matriks/penguat sebagai berikut: Potato starch/Clay (Ardakani,2009), Tapioca starch/Clay (Mbey,2012) dan Corn starch/Sisal&Rami (Girones,2012). Penggunaan matriks dan penguat dari suatu bioplastik dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. State of The Art

Matriks	PLA							George & Siddaramiah, 2012			
	Protein	Gelatin									
	Pati	Pati Jagung								Jimennaz et al., 2012	Girones et al., 2012
		Pati Kentang						Chang et al., 2012 Ardakani et al., 2009			
		Pati Kacang Polong	Ma et al., 2009								
		Pati Ubi Kayu	Nuryeti, 2011					Mbey et al., 2012			
		Pati Umbi Garut	Ardiansyah, 2011								
		Pati Ubi Jalar	Zulfa, 2011								
			ZnO	ZnO - Selulosa	ZnO - Kitosan	ZnO - Clay	Clay		BCNC (Bacterial Cellulose Nano Crystal)	HPMC (Hydoxy Propyl Methyl Cellulose)	Sisal & Rami
Pengisi / Penguat											

-  Riset Grup Dr. Heri Hermansyah, S.T, M.Eng tahun 2012
-  Riset Grup Dr. Heri Hermansyah, S.T, M.Eng tahun 2011
-  Area Penelitian Ini

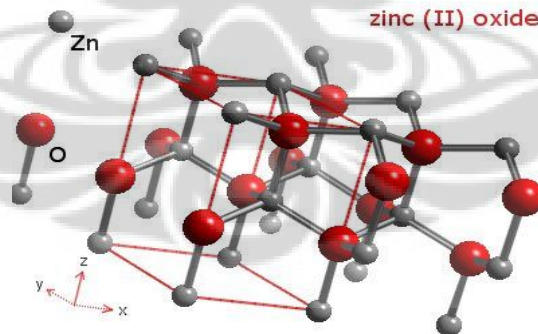
2.9 ZnO

Zinc Oxide (ZnO) adalah suatu bahan semikonduktor, fotokonduktor, piezoelektrik dan pandu gelombang optic. ZnO dapat digunakan untuk aplikasi yang luas seperti sel surya, sensor gas dan aplikasi lainnya baik pada divais-divais akustoelektrik, akustooptik, elektronik maupun optoelektronik. (Adriyanto,2003; Bayandori,2009; Rosa,2009).



Gambar 2.7. ZnO

Sumber <http://www.pilotchem.net/ProductShow.aspx?id=25>



Gambar 2.8. Molekul ZnO

Sumber :http://www.webelements.com/compounds/zinc/zinc_oxide.html

ZnO mempunyai keunggulan pada sifat-sifat berikut: ZnO adalah semikonduktor dengan *direct band gap* 3,2 – 3,4 eV(Choi, 2008), *excitation binding energy* 60 meV pada suhu kamar, dan menunjukkan *near-UV emission* serta

transparent conductivity; memiliki struktur non-simetri sentral (*non-centrosymmetric symmetry*), yaitu adanya kekurangan pada pusat simetris yang menghasilkan efek piezoelektrik; ZnO juga bersifat *bio-safe* dan *bio-compatible* sehingga dapat digunakan untuk aplikasi *biomedical* tanpa perlu dilapisi (Wang, 2004); serta mempunyai daya tahan radiasi yang tinggi (Walle et al., 2009). Selain itu, ZnO merupakan semikonduktor tipe-n yang mempunyai aplikasi yang multifungsional seperti pada *solar cells*, *sensors*, *displays*, *gas sensors*, *varistors*, *piezoelectric devices*, *electro-acoustic transducers*, *photodiodes*, *UV light emitting devices*, dan *antibacterial material* (Chandramouleeswaran et al., 2007).

2.10 Clay



Gambar 2.9. Clay

Sumber: *ncminerals.en.hisuppli*.

Material clay merupakan material yang paling banyak menarik perhatian karena sifatnya yang kuat, kaku, melimpah di alam, murah serta kemampuannya yang tinggi dalam menginterkalasikan partikel ke dalam strukturnya. Kemampuan interkalasi ini karena muatan layer yang kecil ($x=0,2-0,6$) sehingga kation dalam ruang antarlapis dapat ditukar. Berbeda dengan material komposit polimer biasa, polimer-clay nanokomposit terbentuk jika polimer dapat terinterkalasi ke dalam galeri mineral clay sehingga sifat polimer yang terbentuk berbeda dengan sifat mikropartikelnya.

Salah satu kekurangan clay adalah sifatnya yang hidrofilik sehingga dapat menyebabkan aglomerasi mineral clay dalam matriks polimer yang bersifat hidrofobik. Kekurangan ini dapat diatasi dengan menginterkalasikan kation organik seperti asam amino atau alkil amonium membentuk organoclay yang bersifat hidrofobik. Peningkatan *basal spacing* setelah proses interkalasi juga dapat meningkatkan kemampuan difusi polimer atau prekursor polimer ke dalam interlayer clay.

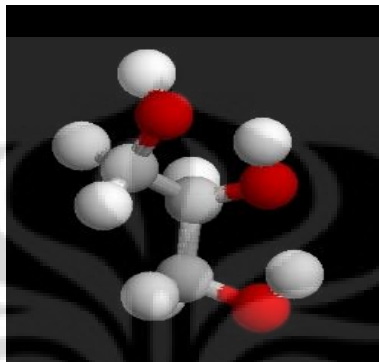
Pencampuran mineral clay dengan polimer dapat membentuk tiga jenis nanostruktur komposit tergantung pada kondisi reaksi. Pertama adalah struktur terinterkalasi dimana monolayer rantai polimer terinterkalasi dalam clay membentuk struktur multilayer clay-polimer. Kedua adalah struktur tereksfoliasi dimana lapisan clay terdispersi seragam dalam matriks polimer. Ketiga adalah struktur klaster dimana terjadi eksfoliasi parsial.

Polimer-clay nanokomposit terbentuk dengan mendispersikan material nanoclay berlapis pada matriks polimer. Nanoclay mempunyai luas permukaan yang sangat besar sehingga dapat berinteraksi secara efektif dengan matriks polimer pada konsentrasi rendah (5-8%). Akibatnya, polimer nanoclay menunjukkan peningkatan pada modulus, stabilitas termal, dan sifat barrier tanpa peningkatan berat jenis dan kehilangan sifat optik.

Terdapat berbagai proses untuk membentuk nanokomposit clay-polimer, yaitu polimerisasi in situ, eksfoliasi larutan, dan interkalasi lelehan. Pada polimerisasi in situ, monomer diinterkalasikan ke dalam galeri clay kemudian dipolimerisasi menggunakan panas, radiasi, inisiator atau katalis. Pada eksfoliasi larutan, clay dieksfoliasi menjadi platelet tunggal menggunakan pelarut yang juga dapat melarutkan polimer. Polimer kemudian dicampur ke dalam suspensi clay dan teradsorpsi pada platelet. Pelarut tersebut kemudian dievaporasi. Pada interkalasi lelehan, clay dicampur secara langsung ke dalam matriks polimer dalam keadaan meleleh

2.11 Gliserol

Gliserol (bahasa Inggris: *glycerol*, *glycerin*, *glycerine*) adalah senyawa gliserida yang paling sederhana, dengan hidroksil yang bersifat hidrofilik dan higroskopik. Gliserol merupakan komponen yang menyusun berbagai macam lipid, termasuk trigliserida. Gliserol terasa manis saat dikecap, namun bersifat racun.



Gambar 2.10.Molekul Gliserol

Sumber: <http://www.daviddarling.info/encyclopedia/G/glycerol.html>

Gliserol diperoleh secara komersial sebagai produk sampingan ketika lemak dan minyak yang dihidrolisis untuk menghasilkan asam lemak atau garam logam mereka (sabun). Gliserol juga disintesis pada skala komersial dari propylene (diperoleh dengan *cracking* minyak bumi), karena pasokan gliserol alam tidak memadai. Selain sintesis dengan menggunakan propylene, gliserol juga dapat diperoleh selama fermentasi gula natrium bisulfit jika ditambahkan dengan ragi (Wang, 2008).

Penambahan pemlastis berperan untuk meningkatkan sifat plastisitasnya, yaitu sifat mekanis yang lunak, ulet, dan kuat. Dalam konsep sederhana, pemlastis merupakan pelarut organik dengan titik didih tinggi yang ditambahkan ke dalam resin yang keras atau kaku sehingga akumulasi gaya intermolekuler pada rantai panjang akan menurun, akibatnya kelenturan, pelunakan dan pemanjangan resin akan bertambah. Oleh karena itu, plastisasi akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanisme film seperti kekuatan tarik, elastisitas kekerasan, sifat listrik, suhu alir, suhu transisi kaca, dan sebagainya (Tang, 2008)

Prinsip proses plastisasi adalah dispersi molekul pemlastis ke dalam polimer. Jika pemlastis mempunyai gaya interaksi dengan polimer, proses dispersi akan berlangsung dalam skala molekul dan terbentuk larutan polimer-pemlastis. Sifat fisik dan mekanis polimer-pemlastis ini merupakan fungsi distribusi dari sifat komposisi pemlastis. Oleh karena itu, ramalan karakteristik polimer yang terplastisasi dapat dilakukan dengan variasi komposisi pemlastis.

2.12 Karakterisasi Material Bioplastik

Berbagai pengujian/karakterisasi pada material bioplastik, yaitu:

2.12.1 Karakterisasi XRD

Difraksi sinar-X berdasarkan pada interferensi konstruktif dari sinar-X monokromatik dan kristal sampel. Sinar-X dihasilkan oleh tabung sinar katoda, disaring untuk menghasilkan radiasi monokromatik, dan diarahkan terhadap sampel. Interaksi antara sinar-X dengan sampel menghasilkan interferensi konstruktif (dan sinar difraksi) ketika kondisinya memenuhi Hukum Bragg.

Menurut hukum Bragg

$$n\lambda = 2d \sin\theta \quad (2.1)$$

dengan:

n = bilangan bulat yang menyatakan fasa pada fraksi yang menghasilkan terang

λ = panjang gelombang sinar X yang tergantung dari tabung anoda dari generator penghasil sinar X yang digunakan

d = lebar celah

θ = sudut difraksi (sudut pengukuran dalam derajat)

Hukum ini menyatakan hubungan antara panjang gelombang radiasi elektromagnetik terhadap sudut difraksi dan jarak kisi dalam kristal sampel. Kemudian, difraksi sinar-X terdeteksi, diproses, dan dihitung. Dengan

scanning sampel berjarak sudut 2θ , semua arah difraksi yang mungkin dari kisi tercapai. Perubahan puncak difraksi untuk jarak (d) memungkinkan untuk melakukan identifikasi bahan karena masing-masing bahan mempunyai satu set jarak (d) yang khas. Biasanya, kondisi tersebut dicapai ketika membandingkan jarak (d) dengan rujukan standar bahan.

Menurut Bragg, di dalam kristal terdapat atom-atom yang membentuk susunan bidang datar. Masing-masing bidang datar mempunyai jarak karakteristik antara bidang-bidang komponennya yang disebut bidang Bragg. Setiap unsur atau senyawa mempunyai harga lebar celah (d) dan intensitas yang berbeda dan spesifik. Berdasarkan sifat tersebut, XRD dapat dipakai untuk menguji suatu zat secara kualitatif untuk mengetahui struktur dari film bionanokomposit.

Karakterisasi XRD bertujuan untuk menganalisis struktur kristal. Prinsip kerja XRD adalah difraksi sinar-X yang disebabkan oleh adanya hubungan fasa tertentu antara dua gerak gelombang atau lebih sehingga paduan gelombang tersebut saling menguatkan. Sinar-X dihamburkan oleh atom-atom dalam zat padat material. Ketika sinar-X jatuh pada kristal dari material maka akan terjadi hamburan ke segala arah yang bersifat koheren. Sifat hamburan sinar-X yang koheren mengakibatkan sifat saling menguatkan atau saling melemahkan pada paduan gelombang (Afrozi, 2010).

Sedangkan ukuran kristal dapat ditentukan dari persamaan Scherrer:

$$L = \frac{0,9\lambda}{\beta \cos\theta} \quad (2.2)$$

dengan:

L = ukuran kristal

λ = panjang gelombang radiasi sinar X-ray yang digunakan

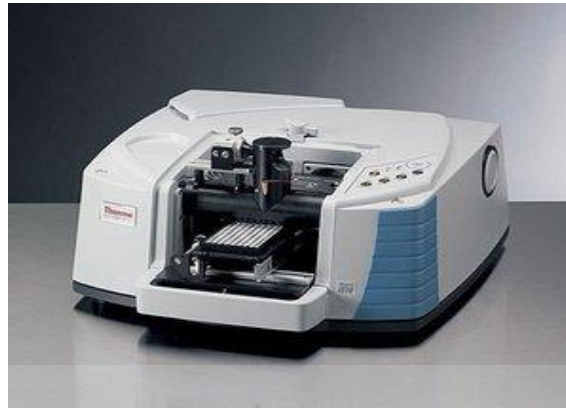
β = lebar dari setengah puncak gelombang tertinggi

θ = sudut puncak

2.12.2 Karakterisasi FT-IR

FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) merupakan metode yang menggunakan spektroskopi inframerah. Pada spektroskopi infra merah, radiasi inframerah dilewatkan pada sampel. Sebagian radiasi inframerah diserap oleh sampel dan sebagian lagi dilewatkan/ditransmisikan. Hasil dari spektrum merupakan besarnya absorpsi molekul dan transmisi yang membentuk sidik jari molekul dari suatu sampel. Seperti sidik jari pada umumnya, struktur sidik jari dari spektrum inframerah yang dihasilkan tidak ada yang sama. Inilah yang membuat spektroskopi inframerah berguna untuk beberapa jenis analisis. Manfaat informasi/data yang dapat diketahui dari FT-IR untuk dianalisis adalah identifikasi material yang tidak diketahui, menentukan kualitas sampel, dan menentukan banyaknya komponen dalam suatu campuran (Thermo, 2011).

Spektrum inframerah berupa sidik jari dari suatu sampel menunjukkan puncak absorpsi yang sesuai dengan frekuensi dari getaran yang dihasilkan antara ikatan atom dari sampel. Karena setiap material berbeda antara satu dengan yang lain yang memiliki masing-masing kumpulan atom yang berbeda, maka tidak ada dua senyawa yang menghasilkan spektrum inframerah yang sama. Oleh karena itu, spektroskopi inframerah dapat digunakan untuk analisis kualitatif dari setiap jenis material yang berbeda. Selain itu, ukuran puncak pada spektrum menunjukkan langsung jumlah dari material yang ada. Dengan *software* algoritma yang canggih, inframerah juga merupakan alat yang sangat baik untuk analisis kuantitatif.



Gambar 2.11. FT-IR (Thermo,2011)

Spektrometer tipe FT-IR dikembangkan untuk mengatasi keterbatasan instrumen jenis *dispersive* yang semula digunakan sebelum adanya tipe FT-IR. Keterbatasan utamanya adalah proses *scanning* yang lambat. Tipe FT-IR dapat mengukur semua frekuensi inframerah secara bersamaan, tidak secara individual. Selain itu, tipe FT-IR menggunakan interferometer yang menghasilkan jenis sinyal yang khas untuk setiap frekuensi inframerah yang masuk ke dalamnya. Sinyal dapat diukur dengan sangat cepat, hanya beberapa detik. Sinyal yang keluar dari interferometer disebut dengan interferogram. Sinyal interferogram tidak dapat ditafsirkan langsung. Sinyal interferogram dapat ditafsirkan dengan cara *decoding* frekuensi, yaitu melalui teknik matematika yang disebut Transformasi Fourier. Transformasi ini dilakukan oleh komputer yang menyajikan informasi spektrum frekuensi

2.12.3 Karakterisasi Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Kekuatan maksimum atau kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang dapat dicapai pada diagram tegangan regangan. Pada gambar 2.10, terlihat bahwa tegangan maksimum yang dapat dicapai lebih besar dari pada tegangan pada waktu benda uji patah. Penurunan tegangan ini terjadi karena adanya fenomena pengecilan setempat (*necking*) pada benda uji yang berlanjut hingga benda uji patah (lihat gambar 2.10) kekuatan maksimum atau kekuatan tarik

merupakan penunjuk yang bagus adanya cacat pada struktur Kristal logam, tetapi kekuatan maksimum atau kekuatan tarik tidak terlalu banyak dipakai dalam perancangan adanya deformasi plastis yang terjadi sebelum tegangan mencapai harga kekuatan maksimum atau kekuatan tarik.

2.12.4 Analisis WVTR (*Water Vapour Transmission Rate*)

Pengujian *water vapour transmission rate* dari film bioplastik pati umbi garut/ZnO bertujuan untuk mengetahui laju transmisi masuknya uap air ke dalam bioplastik. Pengujian ini mengacu pada ASTM E-96/96.

2.12.5 Analisis Biodegradabilitas

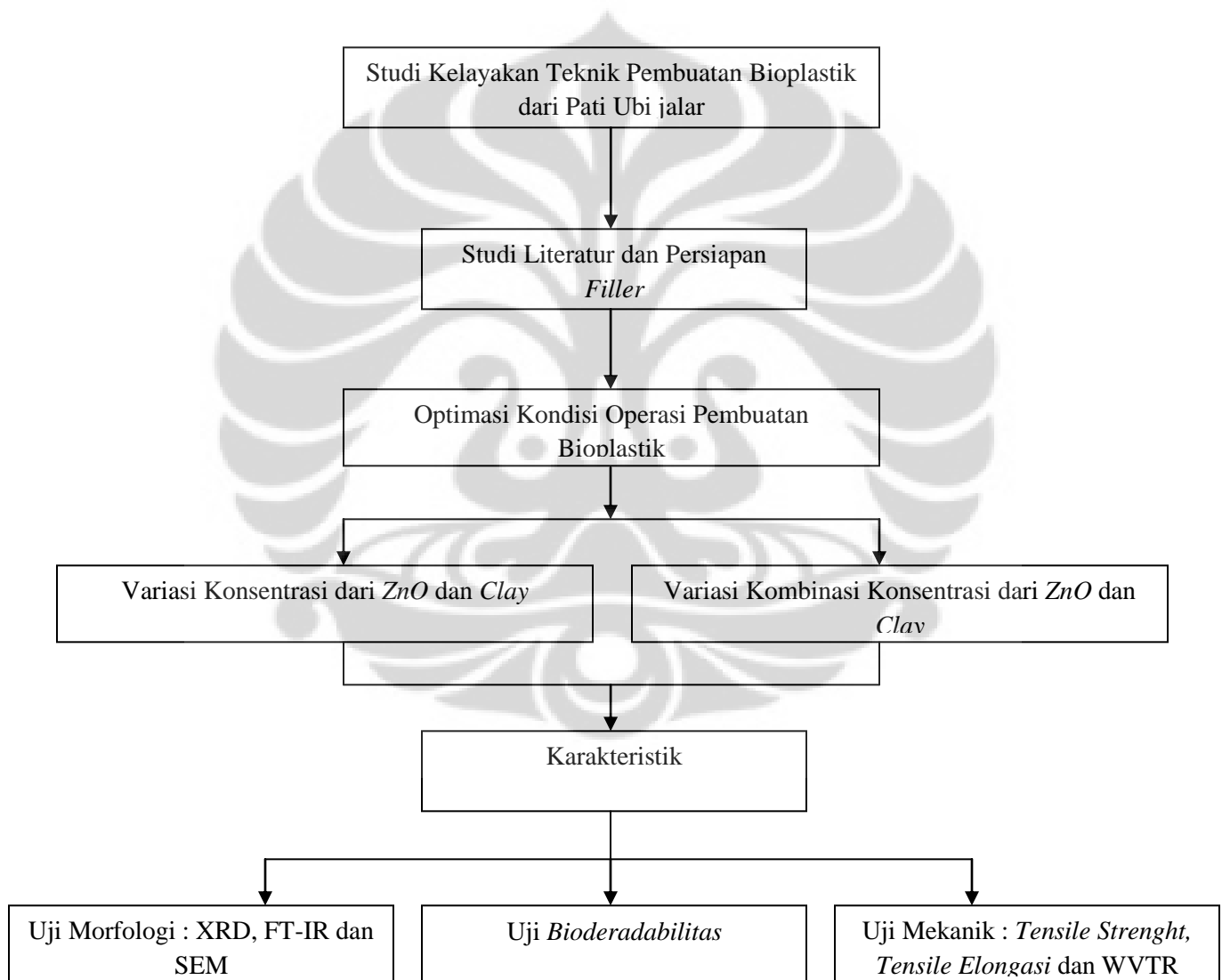
Untuk mengetahui biodegradabilitas dari bioplastik yang dibuat maka dilakukan pengujian *soil burial test* dengan tujuan untuk mengetahui laju degradasi sampel dengan berbagai variasi sehingga akan bisa diramalkan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Pada metode ini hanya dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah yang terkontrol sifat fisik dan kimiawinya kemudian menghitung fraksi berat residual dari sampel dalam tiap satuan waktu (gram/hari).

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini dapat digambarkan pada diagram alir berikut:



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

Diagram alir pada Gambar 3.1 menjelaskan aliran proses penelitian bioplastik sampai diperoleh kondisi operasi yang tepat yakni konsentrasi *ZnO*, *Clay*, dan gliserol yang tepat pada pati ubi jalar dapat menghasilkan bioplastik yang baik dan ramah lingkungan. Pembuatan bioplastik dan pengujiannya akan dijelaskan pada bagian prosedur percobaan.

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa pekerjaan utama, yaitu:

1. Studi Kelayakan Teknik Pembuatan Bioplastik

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan bahan baku pati ubi jalar sebagai bahan dasar plastik biodegradabel. Oleh karena itu, di dalam tahap ini akan dilakukan studi literature.

- Studi literatur dan persiapan *filler*

Studi literatur untuk skrining kelayakan pati ubi jalar yang akan digunakan dalam variasi penelitian pembuatan bioplastik dengan mempertimbangkan berbagai parameter seperti kandungan jenis pati, ketersediaan, dampak terhadap lingkungan, dan faktor eksternal (kondisi sosial). Selain itu juga dilakukan studi literatur dengan melakukan ringkasan untuk penggunaan jenis pati, bahan penguat/pengisi (*filler*), penggunaan *plasticizer* sebagai bahan *state of the arts* dari penelitian ini. Sebagai tambahan akan dilakukan persiapan bahan yaitu pembuatan *filler* *ZnO* dan *Clay*.

2. Optimasi Kondisi Operasi Pembuatan Bioplastik

Tahap ini bertujuan untuk mengoptimasi pembuatan bioplastik melalui kondisi operasi yang optimum yang diperoleh dari percobaan awal. Setelah penetapan kondisi proses yang optimum tersebut, dibuat bioplastik dengan berbagai variasi pada kondisi proses optimum sebanyak empat kali ulangan. Keseragaman sampel sebanyak empat ulangan dari kondisi proses yang optimum inilah yang akan ditetapkan sebagai dasar untuk percobaan selanjutnya. Berikut merupakan pekerjaan utama di dalam tahap ini:

- Pembuatan Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi *Filler*

Tahap ini bertujuan untuk mencari jenis dan konsentrasi *filler* yang optimum yang ditentukan melalui sifat mekanis bioplastik. Pembuatan bioplastik mengacu pada proses yang dilakukan oleh Vigneshwaran dan dimodifikasi oleh Ma. XF pada tahun 2008. Setelah mendapatkan kondisi proses optimum lama pemanasan pada *preliminary* eksperimen kemudian dilakukan pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi filler ZnO yaitu 0%, 1%, 3%, 6% dan 9%. Percobaan diulangi kembali dengan mengganti *filler*-nya dengan *filler Clay* dengan variasi konsentrasi yang sama.

3. Karakteristik

Setelah pembuatan bioplastik yang dikerjakan pada tahap – tahap sebelumnya, selanjutnya akan dilakukan karakterisasi. Karakterisasi ini meliputi studi terhadap sifat mekanik mengacu pada ASTM D 822-02 bahan yang meliputi kuat tarik, dan elongasi. Studi terhadap struktur morfologi dan fisiologi SEM (Scanning Electron Microscope) digunakan untuk melihat ikatan elektron pada bioplastik, FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) digunakan untuk menganalisa material secara kualitatif maupun kuantitatif dengan memanfaatkan sinar infra merah, XRD (X Ray diffractometer) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mendeteksi unsur atau senyawa yang terkandung dalam suatu padatan, dan dilakukan pula pengujian laju transmisi uap air dalam bioplastik menggunakan pengujian WVTR yang mengacu pada ASTM E-96. Selain itu untuk mencatat waktu degradasi plastik biodegradabel akan dilakukan juga uji biodegradabilitas.

3.2 Peralatan dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

1. Neraca Analitis



2. Ultrasonikasi.



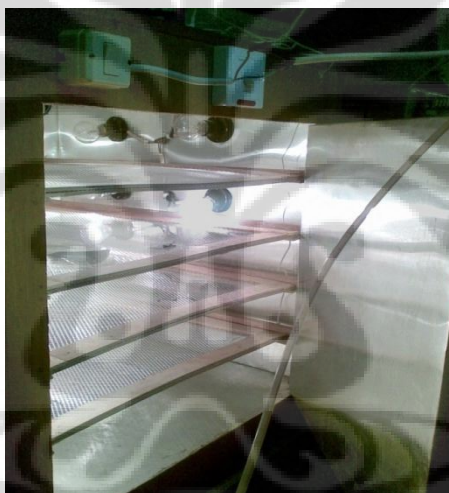
3. Hot Plate & Magnetic Stirrer.



4. Stirrer Bar.
5. Thermometer.



6. Spatula Logam.
7. Spatula Besi.
8. Gelas Ukur.
9. Oven.



10. Cetakan Flexiglass



Hasil percobaan berupa film tipis diuji dengan menggunakan instrumen-instrumen berikut: XRD, FT-IR, WVTR dan SEM. Bahan yang digunakan selama penelitian adalah sebagai berikut:

1. Matriks: Pati dari tanaman ubi jalar.
2. Pengisi: Nano partikel seng oksida (ZnO) dengan ukuran partikel sekitar 200 – 700 nm, yang diperoleh dari Laboratorium Fisika LIPI-Serpong dan *Clay* dengan ukuran partikel sekitar 74 micron.
3. Pemlastis: Air Aquadest dan Gliserol Pro Analisis.

3.3 Prosedur Penelitian

1. Ekstraksi Pati

Pengambilan kandungan pati dari ubi jalar dapat dilakukan dengan:

1. Mengupas kulit ubi jalar, kemudian mencuci bagian daging ubi jalar.
2. Memarut daging ubi jalar hingga halus
3. Menambahkan air pada bahan yang sudah diparut dengan perbandingan 1 kg bahan : 2 liter air
4. Melakukan penyaringan menggunakan kain penyaring sampai diperoleh ampas dan cairan (suspensi pati)
5. Mengekstraksi kembali ampas yang diperoleh dari proses penyaringan dengan penambahan air (1 kg ampas : 2 liter air), kemudian menyaring kembali untuk mendapatkan pati
6. Mencampurkan cairan pati yang diperoleh dari penyaringan pertama dan kedua dan mengendapkannya selama 1 jam, kemudian air hasil pengendapan dibuang sehingga diperoleh pati basah
7. Mengeringkan pati basah sampai diperoleh produk yang kering

Setelah pati disiapkan, selanjutnya adalah pembuatan bioplastik.

2. Proses Pembuatan Bioplastik untuk Pati Ubi Jalar dengan Variasi *Filler*

1. Mencampurkan nano ZnO, berurut 0%, 1%, 3%, 6% dan 9% dari berat pati sebanyak 5 gr dengan gliserol 25% dari berat pati sebanyak 5 gr dan 100 ml air aquadest
2. Memasukkan campuran ke dalam *ultrasonic nebulizer* selama 50 menit
3. Menambahkan pati ubi jalar 5 gram, lalu memanaskan pada *hotplate* dengan suhu 80°C - 90°C sambil dilakukan pengadukan menggunakan *stirrer*
4. Menuangkan campuran yang telah diaduk pada cetakan *flexi glass* ukuran 20x20 cm
5. Mengeringkan campuran dalam oven dengan suhu 50°C selama 6-8 jam
6. Mengeluarkan campuran dari oven, kemudian membiarkannya pada suhu kamar sampai campuran dapat dilepaskan dari cetakan

Kemudian jika prosedur percobaan diatas sudah selesai, selanjutnya dilakukan percobaan dengan mengganti jenis *filler* Clay, dengan prosedur yang sama dengan diatas.

3. Proses Pembuatan Bioplastik untuk Pati Ubi Jalar dengan Kombinasi Variasi *Filler*

1. Mencampurkan *filler* Clay terbaik (dalam penelitian ini yang terbaik adalah clay dengan konsenyrasi 6%) dengan *filler* nano ZnO, berurut 0%, 1%, 3%, 6% dan 9% dari berat pati sebanyak 5 gr dengan gliserol 25% dari berat pati sebanyak 5 gr dan 100 ml air aquadest.
2. Memasukkan campuran ke dalam *ultrasonic nebulizer* selama 50 menit.
3. Menambahkan pati ubi jalar 5 gram, lalu memanaskan pada *hotplate* dengan suhu 80°C - 90°C sambil dilakukan pengadukan menggunakan *stirrer*.
4. Menuangkan campuran yang telah diaduk pada cetakan *flexi glass* ukuran 20x20 cm.
5. Mengeringkan campuran dalam oven dengan suhu 45 - 50°C selama 6-8

jam.

6. Mengeluarkan campuran dari oven, kemudian membiarkannya pada suhu kamar sampai campuran dapat dilepaskan dari cetakan
4. Proses Pembuatan Bioplastik untuk Pati Ubi Jalar dengan Kombinasi Variasi *Filler* (basis *massa*).
1. Mencampurkan *filler Clay* dengan *filler nano ZnO*,

Bioplastik	Filler Clay (g)	Filler ZnO (g)	Total (g)
1	0,3	0,0	3,0
2	0,225	0,075	3,0
3	0,15	0,15	3,0
4	0,075	0,225	3,0

dengan gliserol 25% dari berat pati sebanyak 5 gr dan 100 ml air aquadest.

2. Memasukkan campuran ke dalam *ultrasonic nebulizer* selama 50 menit.
 3. Menambahkan pati ubi jalar 5 gram, lalu memanaskan pada *hotplate* dengan suhu 80°C - 90°C sambil dilakukan pengadukan menggunakan *stirrer*.
 4. Menuangkan campuran yang telah diaduk pada cetakan *flexi glass* ukuran 20x20 cm.
 5. Mengeringkan campuran dalam oven dengan suhu 45 - 50°C selama 6-8 jam.
 6. Mengeluarkan campuran dari oven, kemudian membiarkannya pada suhu kamar sampai campuran dapat dilepaskan dari cetakan
5. Uji Sifat Morfologi dan Mekanik Bioplastik serta Uji *Biodegradabilitas*

3.4 Analisis Hasil Penelitian

Analisis yang perlu dilakukan adalah pengujian sifat morfologi yang akan diuji menggunakan: XRD (*X-Ray Diffraction*) yaitu untuk mengetahui kualitas kristal bioplastik, FT-IR (*Fourier Transform InfraRed*) untuk mendeteksi gugus fungsi pada bioplastik dan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk melihat ikatan elektron pada bioplastik. Untuk uji mekanik yang akan diuji adalah Tensile Strength, Elongasi dan WVTR. Dan yang terakhir adalah analisis biodegradabilitas dari bioplastik yang dihasilkan.



BAB 4

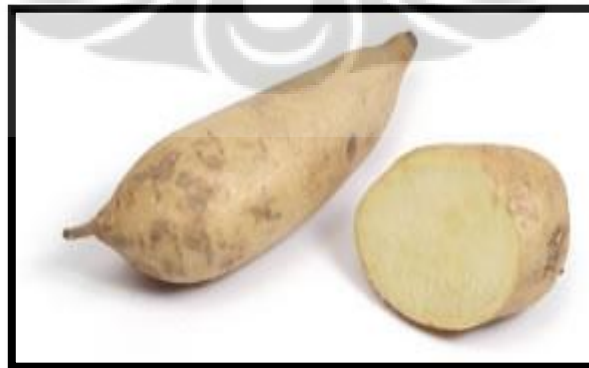
PEMBAHASAN

4.1 Hasil Studi Kelayakan Pati Ubi Jalar Sebagai Matriks Dalam Pembuatan Bioplastik

Dari hasil studi literatur, diketahui bahwa polimer alami dapat terbentuk dari berbagai pati dan dapat digunakan sebagai matriks dari bioplastik. Untuk selanjutnya, pada penelitian ini dilakukan tahap awal dengan mempersiapkan macam-macam bahan yang akan dibutuhkan di dalam penelitian dan selanjutnya akan dilakukan percobaan awal pembuatan.

4.1.1 Hasil Persiapan Bahan

Dalam persiapan bahan, dilakukan ekstraksi pati ubi jalar dengan jenis ubi jalar putih. Umbi tanaman ubi jalar dibentuk dari penebalan lapisan akar luar yang dekat dengan batang dan berada di dalam tanah atau bonggol yang berada di dalam tanah. Umbi tanaman ubi jalar adalah akar yang membesar untuk menyimpan cadangan makanan bagi tanaman, umumnya berupa pati, dengan bentuk antara lonjong sampai agak bulat.



Gambar 4.1. Ubi Jalar Putih

Sumber: saurapride.com

Dalam proses ekstraksi untuk mendapatkan pati kering dari ubi jalar putih, digunakan ubi jalar sebanyak 7 kg. Selama proses ekstrak berlangsung, endapan pati yang didapatkan tidak dipindahkan dari wadah semula yang bertujuan agar kemungkinan kehilangan massa pati yang dihasilkan tidak terjadi. Pada proses pengeringan dilakukan dengan cara menjemur pati basah di bawah sinar matahari selama ± 2 hari. Setelah proses pengeringan didapat pati kering sebanyak 1,2 kg.



Gambar 4.2 Pati Ubi Jalar

Sumber : <http://www.foodsubs.com/Photos/sweetpotatostarch.jpg>

Filler ZnO yang digunakan sebagai sebagai pengisi dalam plastik, bahan ini diperoleh dari pembuatan yang dilakukan di Laboratorium Fisika Puspitek Serpong. ZnO yang diperoleh ini selanjutnya diuji untuk mengetahui ukuran partikelnya. Pengujian ukuran partikel ini dilakukan dengan menggunakan PSA (*Particel Size Analysis*) di *nanotech* Indonesia. Dari Hasil pengujian, diperoleh hasil sebagai berikut

Tabel 4.1 Hasil Uji Ukuran Partikel ZnO

No.	Sampel	Run	Polydispersity Index	Size (nm)	Method
1	ZnO	1	0,276	257.7±74,4	PCS
		2	0,244	663,9±187,0	
		3	0,377	410,5±176,6	

Dari hasil pengujian diketahui bahwa ukuran partikel ZnO yang digunakan mempunyai ukuran partikel antara 200 – 700 nm. *Filler Clay* yang digunakan sebagai sebagai pengisi dalam bioplastik diperoleh dari PT Tohoma Mandiri. *Filler Clay* memiliki diameter partikel sebesar 74 micron. Table berikut adalah Spesifik Teknik dan Analisis Kimia dari filler clay.

Tabel 4.2. Spesifik Teknik clay

Spesifikasi	Hasil	Satuan
Viscosity dial at 600 rpm	30 min	Cp
Filtrate	15 max	mL
Yield point/Plastic Viscosity Ratio	3 max	
Residue of diameter greater than 75 µm	4 min	%
Moisture	10 max	%
pH	8 – 9	

Tabel 4.3. Analisis Kimia clay

Komponen	Hasil
SiO ₂	59 %
Al ₂ O ₂	17 %
Fe ₂ O ₃	4.3 %
CaO	1.6 %
MgO	1.2%
Na ₂ O	1.3 %

4.2 Hasil Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Bioplastik

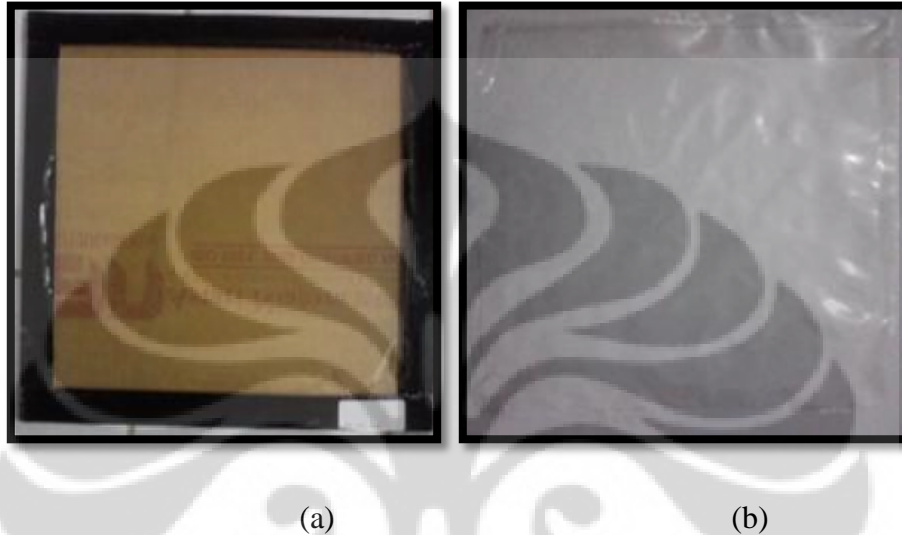
Tahap ini dilakukan untuk mengetahui konsentrasi bahan penyusun yang optimum dalam membuat bioplastik. Tahapan ini dilakukan dengan melakukan variasi konsentrasi ZnO dan *Clay* sebagai pengisi. Berikut ini adalah pembahasan dari hasil penelitian yang dilakukan.

4.2.1 Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi ZnO

Percobaan pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi ZnO ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ZnO terhadap sifat fisik dan mekanik dari bioplastik, serta untuk mengetahui konsentrasi ZnO optimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang baik.

a. Bioplastik dengan 0% ZnO, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 0% ZnO dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C.



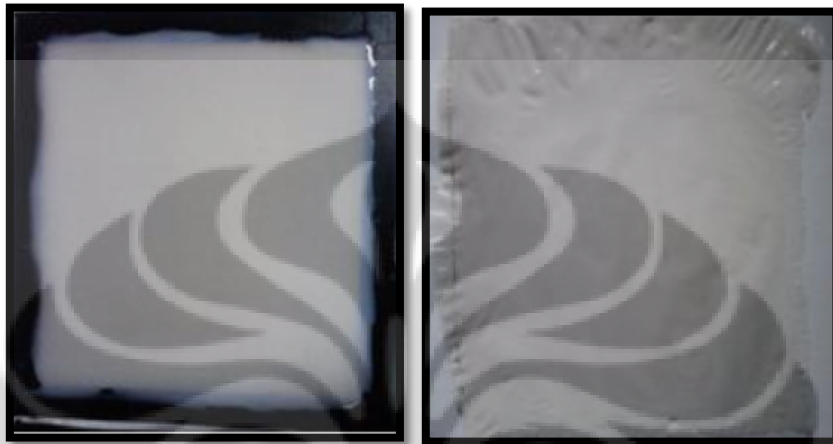
Gambar 4.3. Bioplastik Dengan 0% Zno Dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengerinan

Pada saat dicetak sampel masih dalam keadaan sedikit encer, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir agak sulit untuk di lepas dari cetakan. Terdapat gelembung udara pada bioplastik yang dihasilkan.

b. Bioplastik dengan 3% ZnO, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 3% ZnO dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C.



(a)

(b)

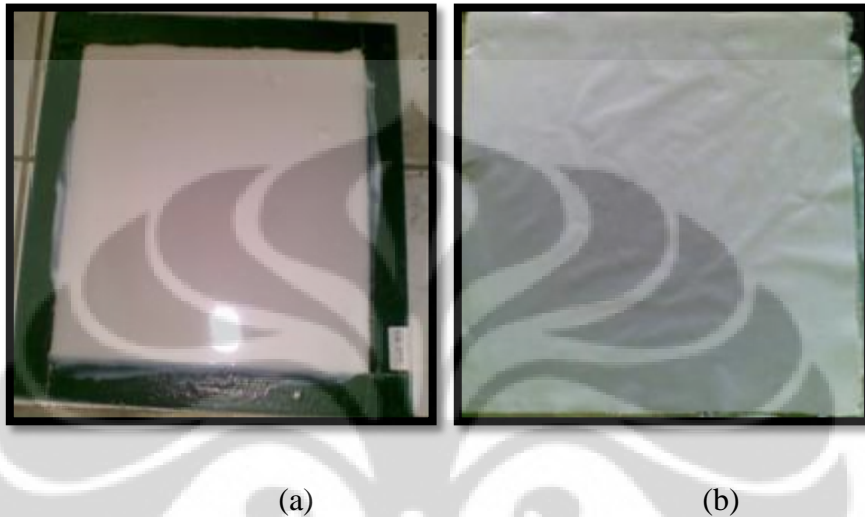
Gambar 4.4. Bioplastik Dengan 3% ZnO dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

Pada saat dicetak sampel dalam keadaan sedikit mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Tidak terdapat gelembung udara.

c. Bioplastik dengan 6% ZnO, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 6% ZnO dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C.



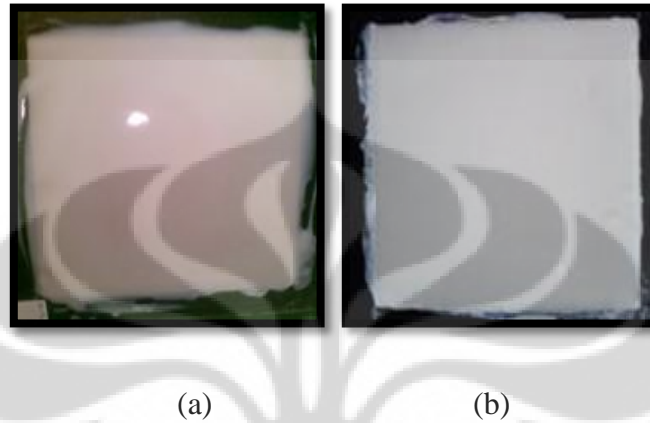
Gambar 4.5. Bioplastik Dengan 6% ZnO dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

Pada saat dicetak sampel dalam keadaan mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Terdapat sedikit gelembung udara dan sedikit getas.

d. Bioplastik dengan 9% ZnO, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 9% ZnO dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C.



Gambar 4.6. Bioplastik Dengan 9% ZnO dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

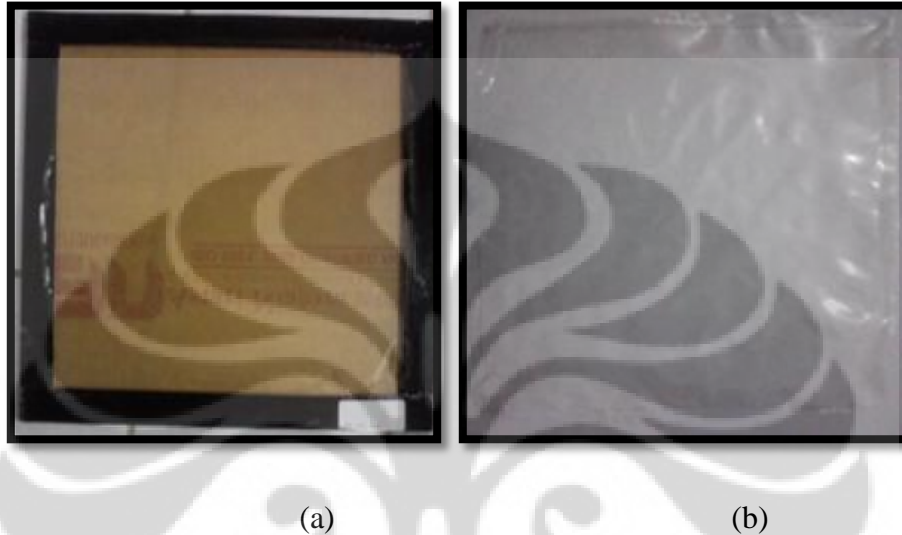
Pada saat dicetak sampel dalam keadaan mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Terdapat gelembung udara pada bioplastik dan getas.

4.2.2 Hasil Pembuatan Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi *Clay*

Percobaan pembuatan bioplastik dengan variasi konsentrasi *Clay* ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *Clay* terhadap sifat fisik dan mekanik dari bioplastik, serta untuk mengetahui konsentrasi *Clay* optimum yang dibutuhkan untuk menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang baik.

e. Bioplastik dengan 0% *Clay*, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 0% ZnO dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C.



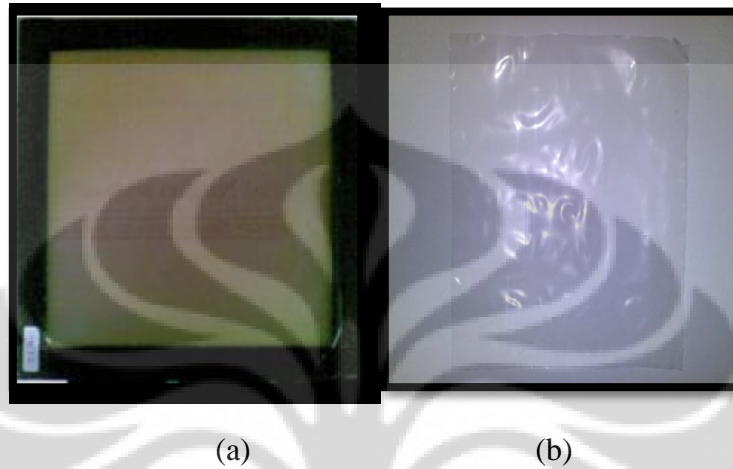
Gambar 4.7. Bioplastik Dengan 0% *Clay* dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

Pada saat dicetak sampel masih dalam keadaan sedikit encer, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir agak sulit untuk di lepas dari cetakan. Terdapat gelembung udara pada bioplastik yang dihasilkan.

f. Bioplastik dengan 1% *Clay*, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 1% *Clay* dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C



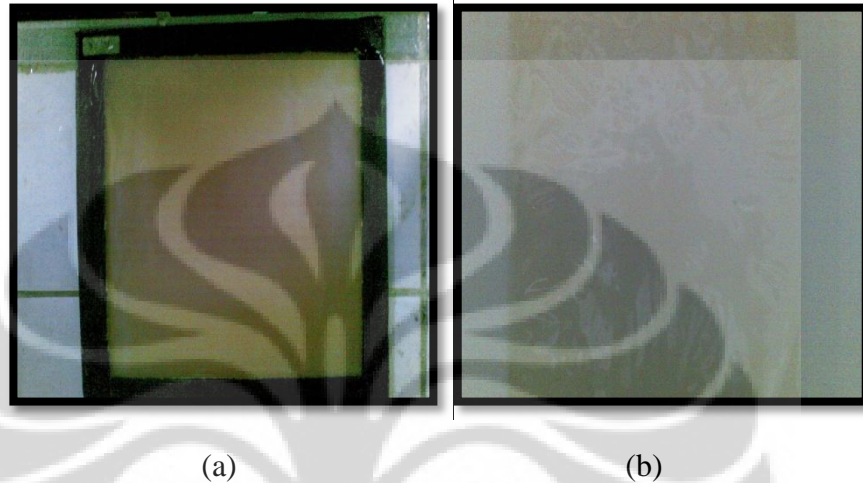
Gambar 4.8. Bioplastik Dengan 1% *Clay* dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

Pada saat dicetak sampel dalam keadaan mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Sedikit terlihat gelembung udara pada permukaan dan juga bioplastik yang dihasilkan terlihat sangat tipis.

g. Bioplastik dengan 3% *Clay*, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 3% *Clay* dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C



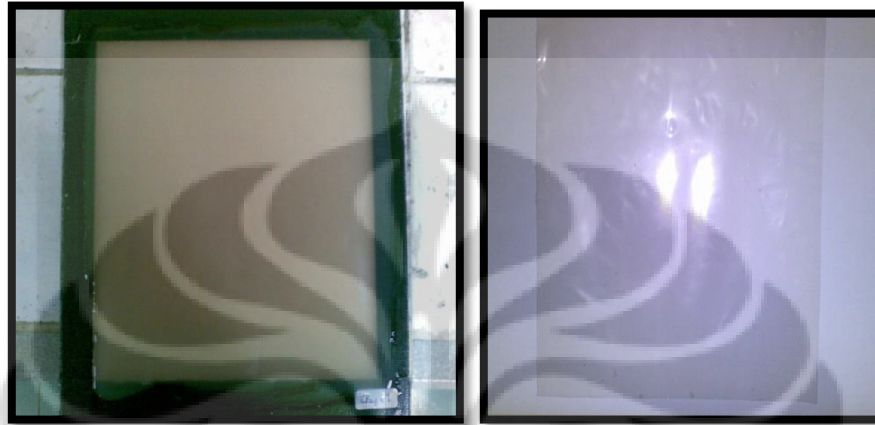
Gambar 4.9. Bioplastik Dengan 3% *Clay* dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

Pada saat dicetak sampel dalam keadaan mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Terlihat masih terdapat gelembung udara pada permukaan. Bioplastik yang terbentuk terasa lebih tebal dibandingkan dengan bioplastik dengan 1% *Clay*.

h. Bioplastik dengan 6% *Clay*, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 6% *Clay* dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C



(a)

(b)

Gambar 4.10. Bioplastik Dengan 6% *Clay* dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

Pada saat dicetak sampel dalam keadaan mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Tidak terlihat gelembung di sekitar permukaan bioplastik yang dihasilkan. Memiliki ketebalan yang baik.

g. Bioplastik dengan 9% *Clay*, 25% Gliserol

Pada pembuatan bioplastik dengan 9% *Clay* dan 25% gliserol suhu yang dicapai sampai terjadinya gelatinisasi adalah berkisar antara 80 – 85°C



(a)

(b)

Gambar 4.11. Bioplastik Dengan 9% *Clay* dan 25% Gliserol

(a) Setelah Dicetak (b) Setelah Pengeringan

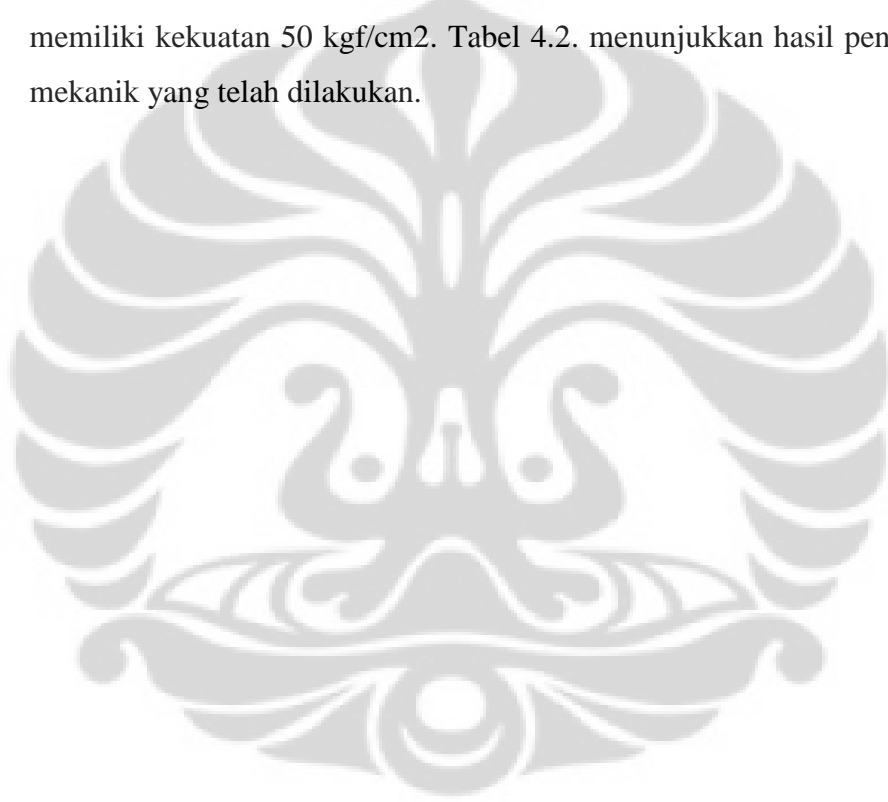
Pada saat dicetak sampel dalam keadaan mengental, sehingga pada saat proses pengeringan berakhir mudah untuk di lepas dari cetakan. Tidak terdapat gelembung udara. Namun kondisi bioplastik yang dihasilkan bersifat getas.

4.3 Hasil Uji Sifat Mekanik

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik dari bioplastik pati ubi jalar/ ZnO/*Clay*. Berikut ini adalah hasil dari pengujian sifat mekanik yang dilakukan.

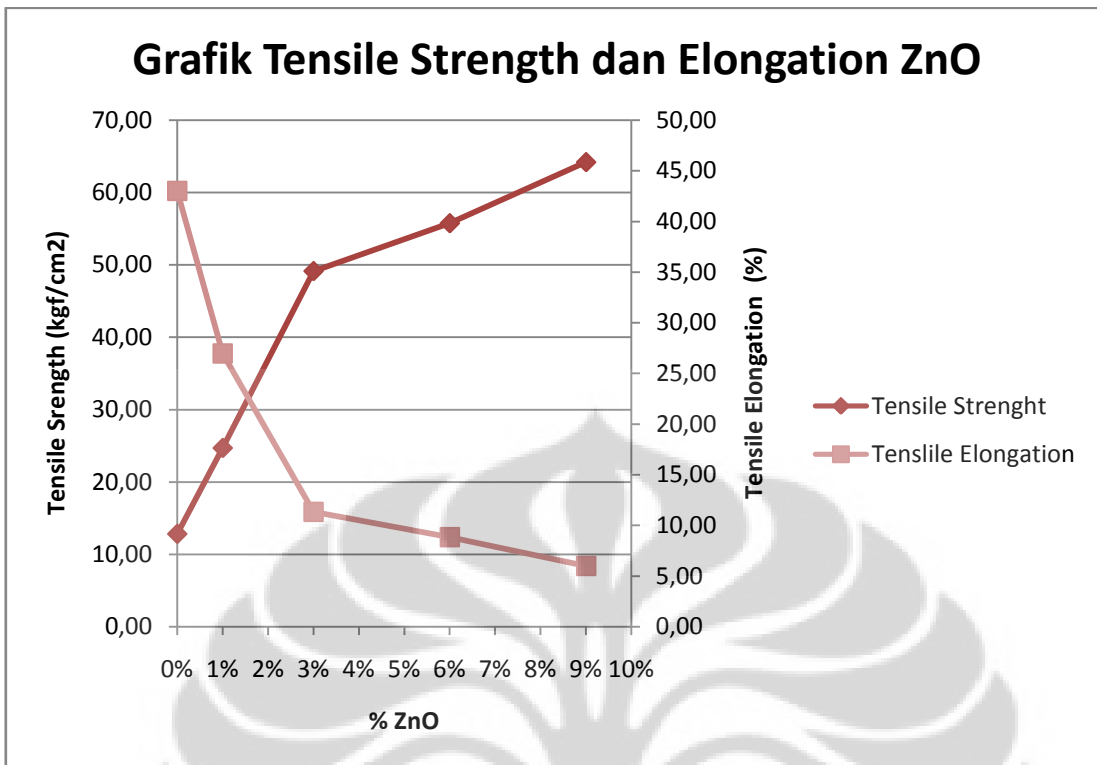
4.3.1 Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi ZnO

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi jalar/ ZnO dari hasil pengujian kuat tarik dan elongasinya. Sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan ZnO). Gliserol sebagai pemlastis memberikan sifat elastis pada film. Pengujian sifat mekanik dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) yang mengacu pada ASTM D822-02 dengan menggunakan alat RG 3010 material tester yang memiliki kekuatan 50 kgf/cm². Tabel 4.2. menunjukkan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan.



Tabel 4.4. Hasil Pengujian Sifat Mekanik ZnO

Sampel ke -	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)
	0% ZnO		1% ZnO		3% ZnO		6% ZnO		9% ZnO	
1	12,23	44	26,18	31,25	50,29	12	47,41	9	61,43	5
2	13,71	40	23,19	35	59,74	12	57,50	8	62,56	5
3	12,57	45	20,45	18,75	57,41	14	45,59	7	64,67	7
4	10,84	43	21,13	25	39,43	9	58,82	10	68,61	5
5	14,32	42	26,67	28,75	41,56	10	65,14	10	63,98	6
6	13,20	44	28,67	31,25	46,36	11	60,00	9	63,87	8
			26,49	18,75			55,74	8,83	64,19	6,00
Rata-rata	12,81	43,00	24,68	26,96	49,13	11,33	47,41	9	61,43	5



Gambar 4.12. Grafik Pengaruh Konsentrasi Zno Terhadap Kuat Tarik Dan Elongasi

Pada gambar 4.11 dapat terlihat pengaruh penambahan konsentrasi ZnO sebesar 1,3,6,9% terhadap kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dibuat dengan menggunakan pati ubi jalar. Pada saat konsentrasi ZnO yang digunakan sebesar 9%, didapatkan kuat tarik bioplastik yang paling besar, yaitu 64,19 kgf/cm².

Untuk sifat elongasi bioplastik, pada saat konsentrasi ZnO yang digunakan sebesar 9%, didapatkan elongasi bioplastik yang paling rendah yaitu 6,00%.

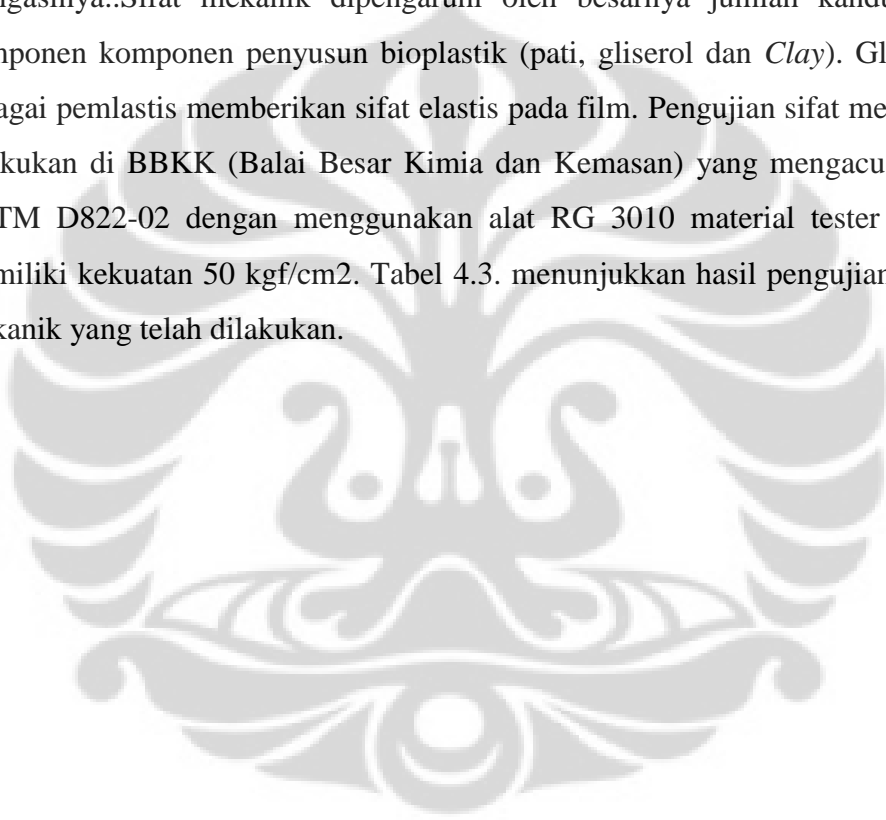
Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi ZnO pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan.

Dari grafik dapat dilihat pada saat konsentrasi ZnO 3% nilai kuat tarik dan elongasi memiliki nilai yang cukup baik (kuat tarik 49,13 kgf/cm² dan elongasi 11,33

%) . Karena hal ini, konsentrasi ZnO 3% ditetapkan sebagai nilai optimum pada penelitian ini.

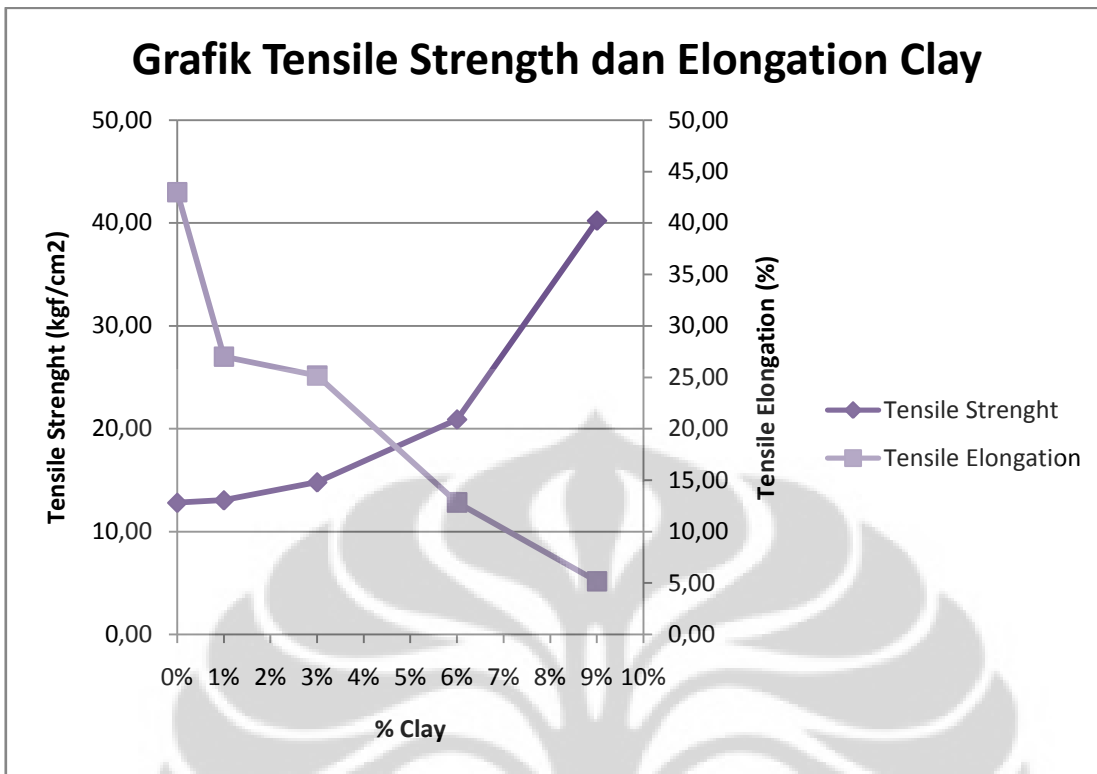
4.3.2 Hasil Uji Sifat Mekanik Bioplastik dengan Variasi Konsentrasi *Clay*

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat mekanik bioplastik pati ubi jalar/*Clay* dari hasil pengujian kuat tarik dan elongasinya..Sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan *Clay*). Gliserol sebagai pemlastis memberikan sifat elastis pada film. Pengujian sifat mekanik dilakukan di BBKK (Balai Besar Kimia dan Kemasan) yang mengacu pada ASTM D822-02 dengan menggunakan alat RG 3010 material tester yang memiliki kekuatan 50 kgf/cm². Tabel 4.3. menunjukkan hasil pengujian sifat mekanik yang telah dilakukan.



Tabel 4.5. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Clay

Sampel ke -	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)
	0% Clay		1% Clay		3% Clay		6% Clay		9% Clay	
1	12,23	44	12,75	30	15,45	26	18,96	13	38,53	5
2	13,71	40	12,50	26	15,45	23	21,65	13	32,05	6
3	12,57	45	13,95	24	15,08	24	21,60	13	47,24	5
4	10,84	43	12,83	28	14,52	24	23,89	14	47,62	4
5	14,32	42	13,71	24	13,37	26	20,00	12	33,02	7
6	13,20	44	12,56	30	14,91	28	19,34	12	42,86	4
Rata-rata	12,81	43,00	13,05	27,00	14,80	25,17	20,91	12,83	40,22	5,17



Gambar 4.13. Grafik Pengaruh Konsentrasi *Clay* Terhadap Kuat Tarik Dan Elongasi

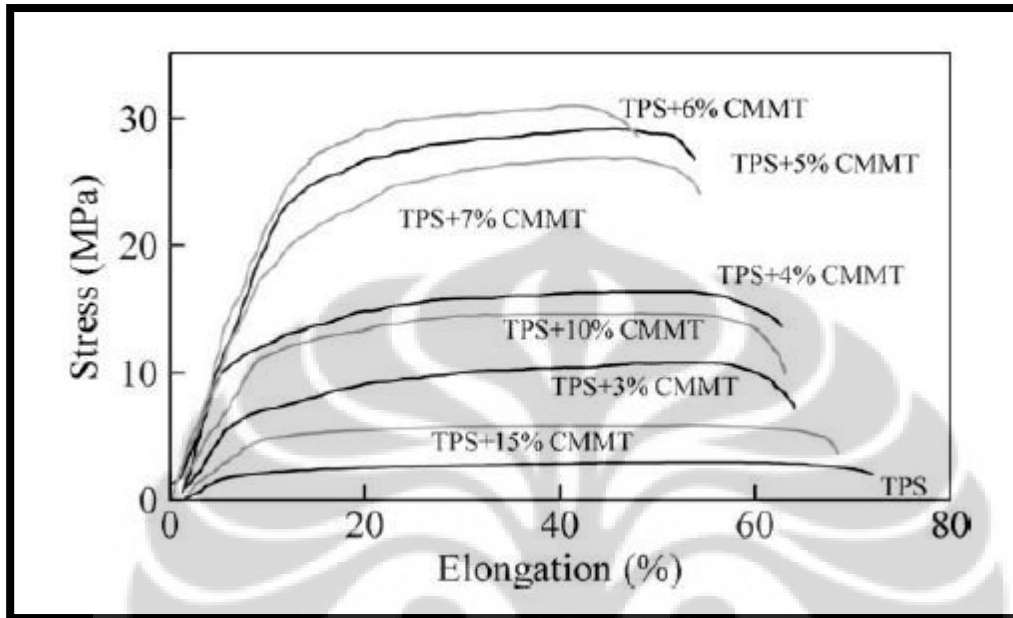
Pada gambar 4.12 dapat terlihat pengaruh penambahan konsentrasi *Clay* sebesar 1,3,6,9% terhadap kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dibuat dengan menggunakan pati ubi jalar. Pada saat konsentrasi *Clay* yang digunakan sebesar 9%, didapatkan kuat tarik bioplastik yang paling besar, yaitu 40,22 kgf/cm².

Untuk sifat elongasi bioplastik, pada saat konsentrasi *Clay* yang digunakan sebesar 9%, didapatkan elongasi bioplastik yang paling rendah yaitu 5,17 %.

Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi ZnO pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan.

Dari grafik dapat dilihat pada saat konsentrasi *Clay* 6% nilai kuat tarik dan elongasi memiliki nilai yang cukup baik (kuat tarik 20,91 kgf/cm² dan elongasi 12,83 %) . Karena hal ini, konsentrasi *Clay* 6% ditetapkan sebagai nilai optimum pada penelitian ini.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Arkadani, penambahan konsentrasi *filler clay* akan meningkatkan kekuatan tarik dari bioplastik yang di hasilkan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut:



Gambar 4.14. Hasil Uji Tensile Strength Dan Elongation (Arkadani,2009)

4.4 Perbandingan Hasil Analisis Kuat Tarik dan Elongasi dari Tiga Filler Alami pada Plastik Biodegradable.

Tujuan dari perbandingan hasil analisis ini adalah untuk melihat *filler* alami manakah yang memiliki kuat tarik maupun kemuluran yang baik dan optimal dari variasi konsentrasi masing – masing *filler* alaminya.

Tabel 4.6. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Clay

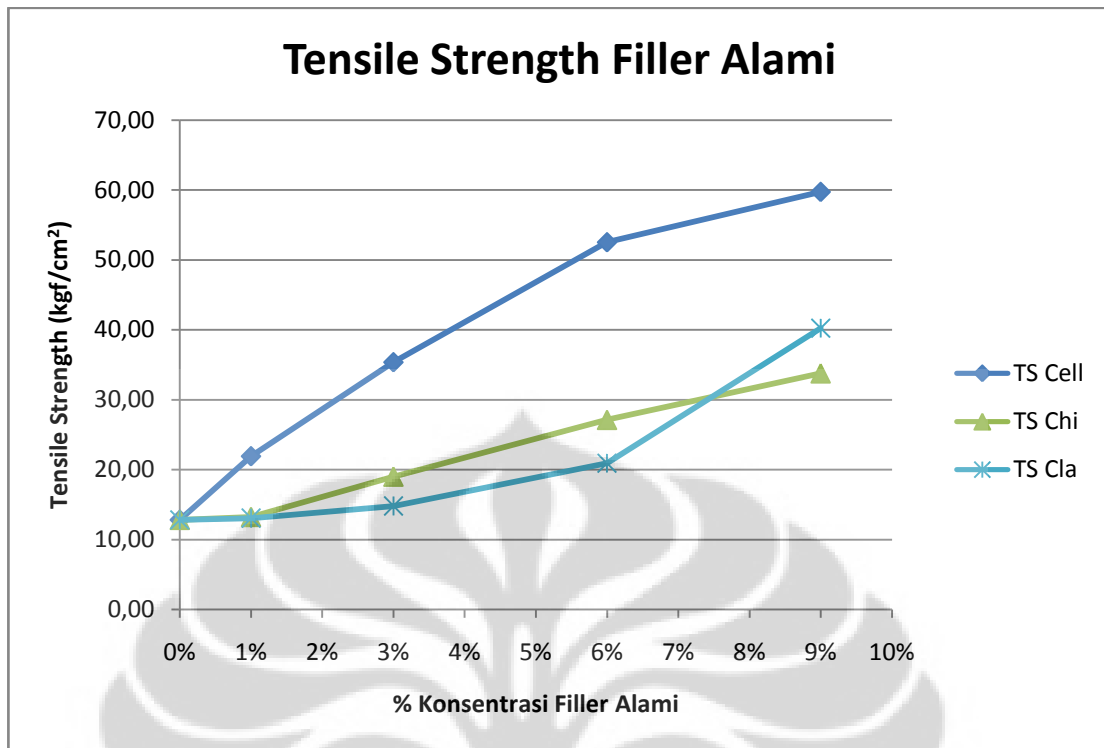
Sampel ke -	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)
	0% Clay		1% Clay		3% Clay		6% Clay		9% Clay	
1	12,23	44	12,75	30	15,45	26	18,96	13	38,53	5
2	13,71	40	12,50	26	15,45	23	21,65	13	32,05	6
3	12,57	45	13,95	24	15,08	24	21,60	13	47,24	5
4	10,84	43	12,83	28	14,52	24	23,89	14	47,62	4
5	14,32	42	13,71	24	13,37	26	20,00	12	33,02	7
6	13,20	44	12,56	30	14,91	28	19,34	12	42,86	4
Rata-rata	12,81	43,00	13,05	27,00	14,80	25,17	20,91	12,83	40,22	5,17

Tabel 4.7. Hasil Pengujian Sifat Mekanik *Chitosan*

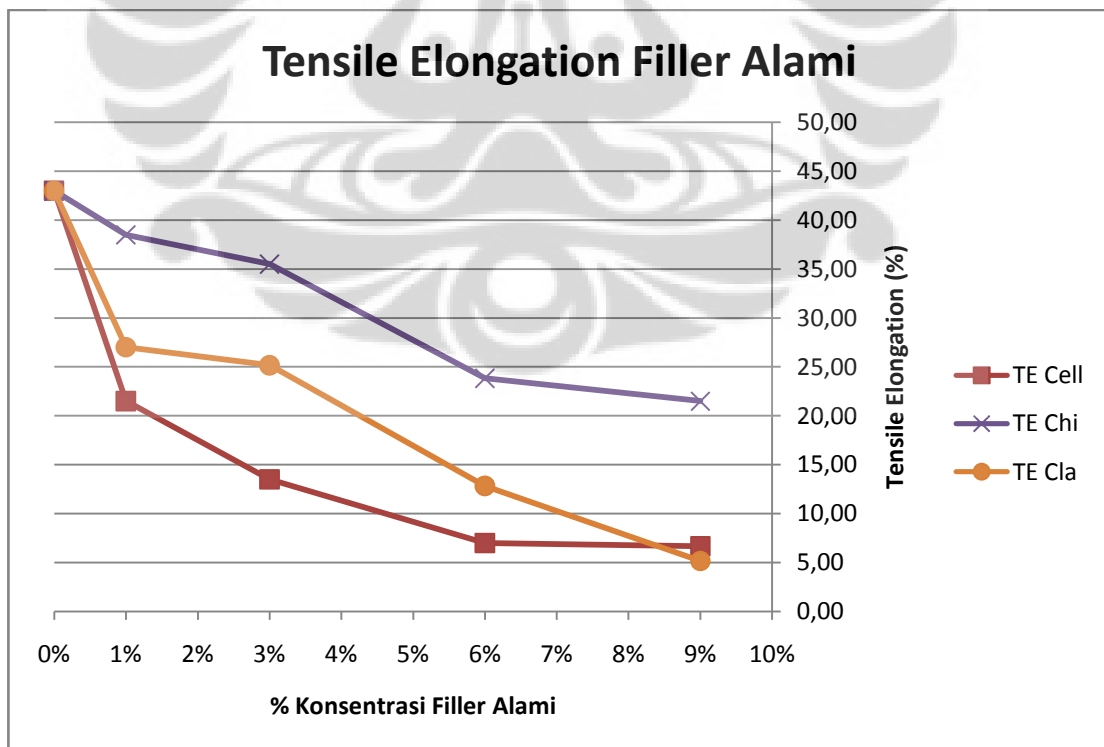
Sampel ke -	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)
	0% Chitosan		1% Chitosan		3% Chitosan		6% Chitosan		9% Chitosan	
1	12,23	44	13,10	38	20,91	34	29,24	23	35,54	22
2	13,71	40	12,41	38	17,36	35	25,81	24	33,33	21
3	12,57	45	12,67	37	18,99	37	26,28	24	32,84	23
4	10,84	43	13,99	38	19,11	35	25,00	22	35,85	20
5	14,32	42	13,07	40	18,29	37	26,75	26	30,25	23
6	13,20	44	14,15	40	19,34	35	29,66	24	34,88	20
Rata-rata	12,81	43	13,23	38,50	19,00	35,50	27,12	23,83	33,78	21,50

Tabel 4.8. Hasil Pengujian Sifat Mekanik *Cellulose*

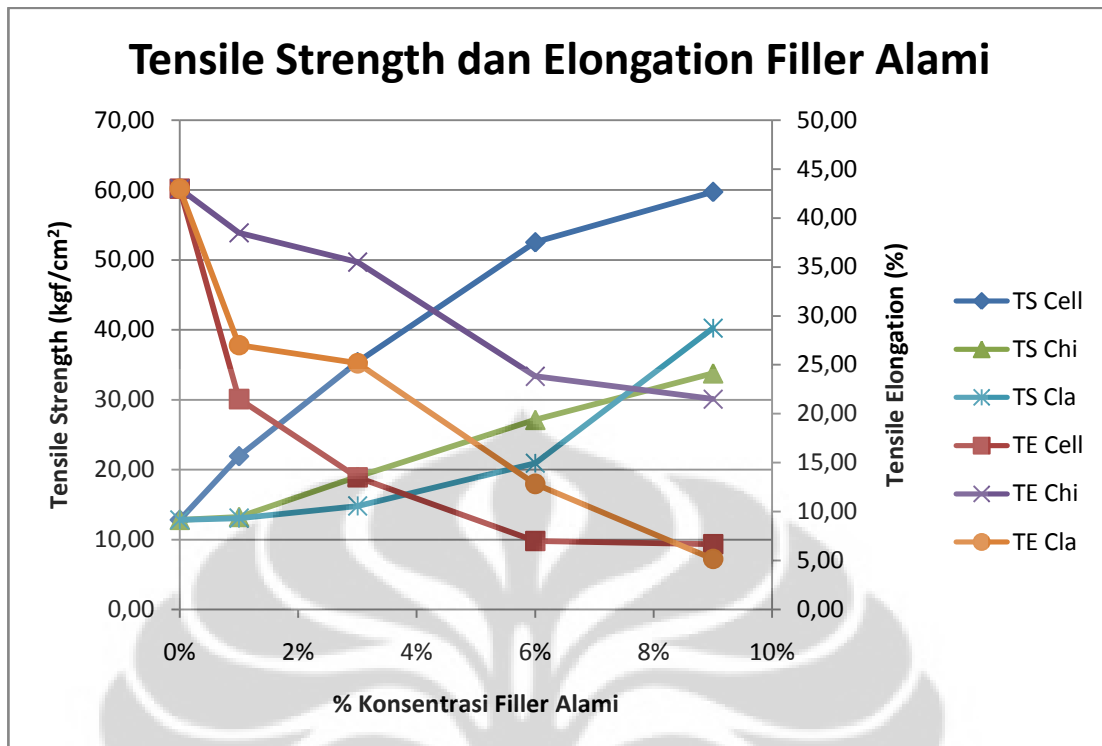
Sampel ke -	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)	Kuat Tarik (kgf/cm ²)	Elongasi (%)
	0% Cellulose		1% Cellulose		3% Cellulose		6% Cellulose		9% Cellulose	
1	12,23	44	12,23	14	33,67	15	53,32	6	59,32	6
2	13,71	40	13,71	21	38,99	11	54,10	6	61,09	5
3	12,57	45	12,57	26	37,04	12	50,09	10	62,19	5
4	10,84	43	10,84	15	36,27	13	53,65	8	59,03	7
5	14,32	42	14,32	27	33,67	14	52,25	6	58,88	9
6	13,20	44	13,20	26	32,55	16	51,78	6	57,93	8
Rata-rata	12,81	43,00	21,91	21,5	35,37	13,50	52,53	7,00	59,74	6,67



Gambar 4.15. Grafik Perbandingan *Tensile Strength* Dari 3 Filler Alami



Gambar 4.16. Grafik Perbandingan *Tensile Elongation* dari 3 Filler Alami



Gambar 4.17. Grafik Perbandingan *Tensile Strenght* dan *Elongation* dari ketiga *Filler* alami

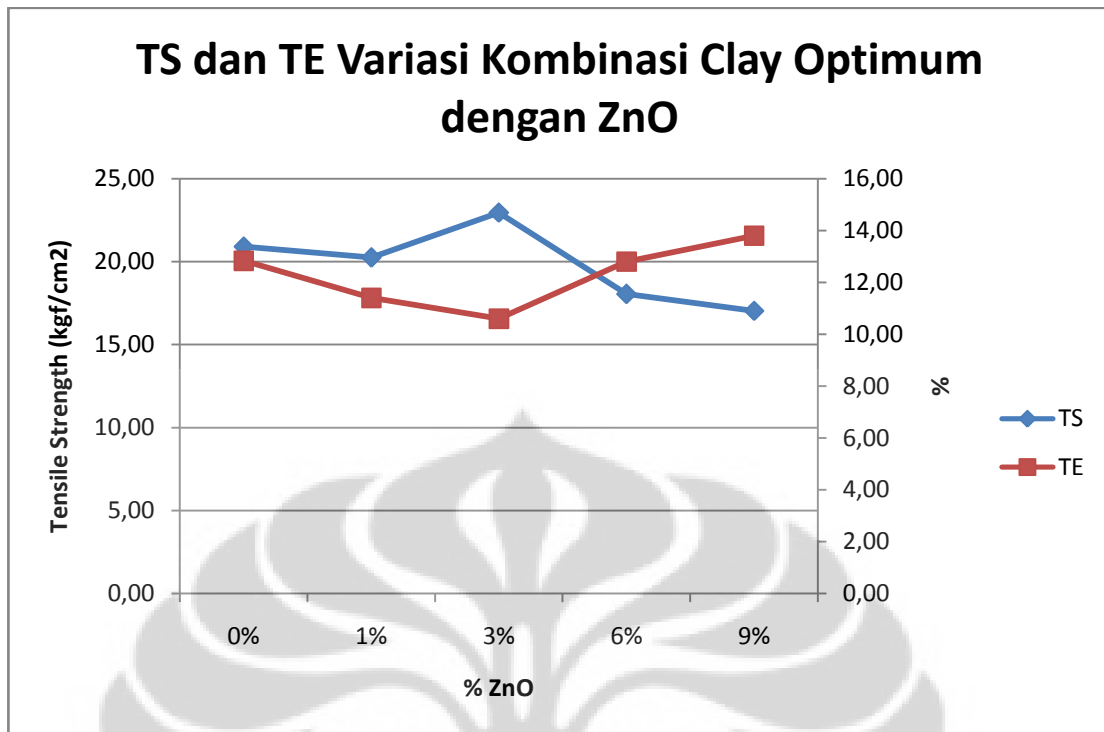
Dari hasil perbandingan antara ketiga *filler* alami yang digunakan dalam pembuatan bioplastik, dapat dilihat pada gambar 4.15, *filler* selulosa memiliki nilai kuat tarik maksimal yang paling tinggi diantara ketiga *filler* alami yang lain dengan nilai 59,74 kgf/cm². Sedangkan untuk hasil uji pada analisis Tensile elongation, dapat dilihat pada gambar 4.16, *filler clay* memiliki nilai kemuluran maksimal yang paling rendah diantara ketiganya dengan nilai elongasi sebesar 5,17 %.

4.5 Hasil Analisis Kuat Tarik dan Elongasi dari Kombinasi Clay Optimum dengan ZnO pada Plastik Biodegradable.

Tujuan dari perbandingan hasil analisis ini adalah untuk mengetahui kuat tarik maupun kemuluran yang terjadi dari variasi kombinasi Clay Optimum dengan konsentrasi ZnO mulai dari konsentrasi 0% hingga 9%.

Tabel 4.9. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Kombinasi Bioplastik filler *Clay* Optimum dan filler ZnO

No.	Filler Clay 6%									
	ZnO 0%		ZnO 1 %		ZnO 3%		ZnO 6%		ZnO 9%	
	Tensile Strength	Tensile Elongation	Tensile Strength	Tensile Elongation	Tensile Strength	Tensile Elongation	Tensile Strength	Tensile Elongation	Tensile Strength	Tensile Elongation
1	18,96	13	20,41	14	21,07	12	11,34	15	18,55	18
2	21,65	13	18,32	10	29,20	13	14,95	16	17,75	15
3	21,60	13	19,53	10	21,32	9	19,40	10	13,87	8
4	23,89	14	16,67	13	21,17	9	18,4	10	18,64	13
5	20,00	12	26,3	10	22,02	10	26,13	13	16,36	15
6	19,34	12								
Rata-rata	20,91	12,83	20,25	11,40	22,96	10,60	18,04	12,80	17,03	13,80

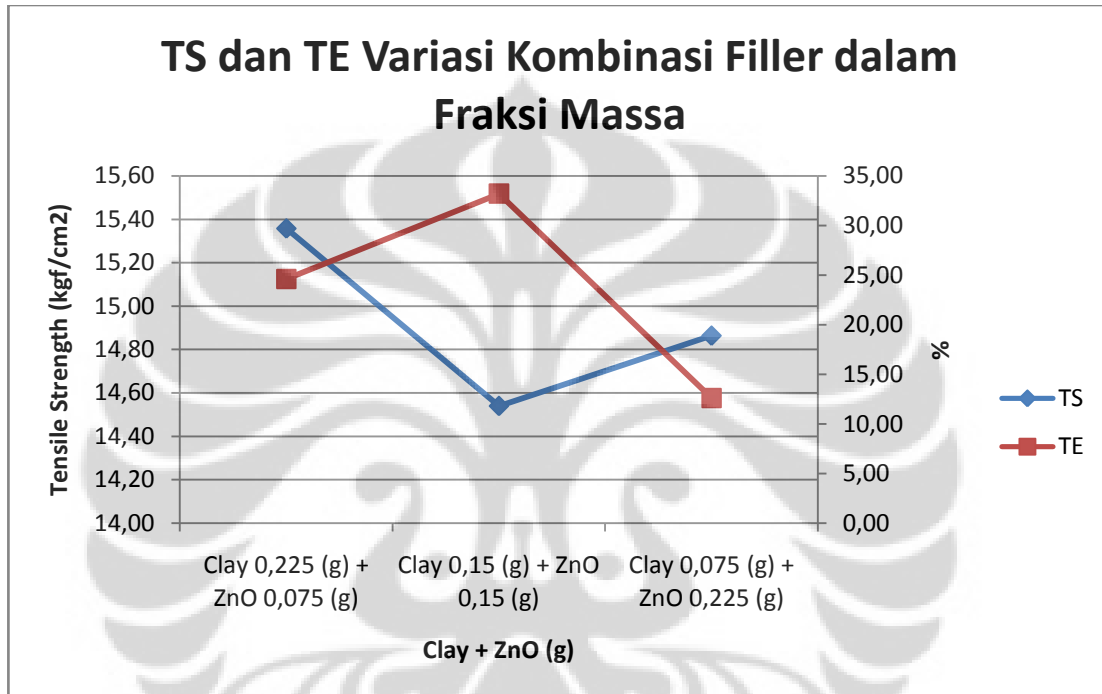


Gambar 4.18. Grafik Perbandingan *Tensile Strength* dan *Elongation* dari kombinasi clay optimum dengan ZnO

Untuk sifat kuat tarik bioplastik, konsentrasi *Clay* yang digunakan sebesar 6%. Dari hasil pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi ZnO pada bioplastik memberikan pengaruh yang berbeda pada kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang dihasilkan. Kombinasi konsentrasi clay dan ZnO juga menyebabkan perubahan pada sifat mekanik dari bioplastik. Sama seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini terjadi karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan clay/ZnO). Clay/ZnO sebagai penguat akan memberikan sifat kaku pada film yang efeknya berbeda tergantung dengan konsentrasi Clay yang ditambahkan.

4.6 Hasil Analisis Kuat Tarik dan Elongasi dari Variasi Kombinasi Filler Clay dan ZnO dalam Fraksi Massa pada Plastik Biodegradable.

Tujuan dari perbandingan hasil analisis ini adalah untuk mengetahui kuat tarik maupun kemuluran yang terjadi dari variasi kombinasi Clay Optimum dengan konsentrasi ZnO mulai dari konsentrasi 0% hingga 9%.



Gambar 4.19. Grafik Perbandingan *Tensile Strength* dan *Elongation* dari kombinasi *filler* dalam fraksi massa

Kombinasi konsentrasi clay dan ZnO juga menyebabkan perubahan pada sifat mekanik dari bioplastik. Sama seperti yang telah disebutkan sebelumnya, hal ini terjadi karena sifat mekanik dipengaruhi oleh besarnya jumlah kandungan komponen komponen penyusun bioplastik (pati, gliserol dan clay/ZnO). Clay/ZnO sebagai penguat akan memberikan sifat kaku pada film yang efeknya berbeda tergantung dengan konsentrasi clay yang ditambahkan.

Tabel 4.10. Hasil Pengujian Sifat Mekanik Kombinasi Bioplastik filler dalam fraksi massa

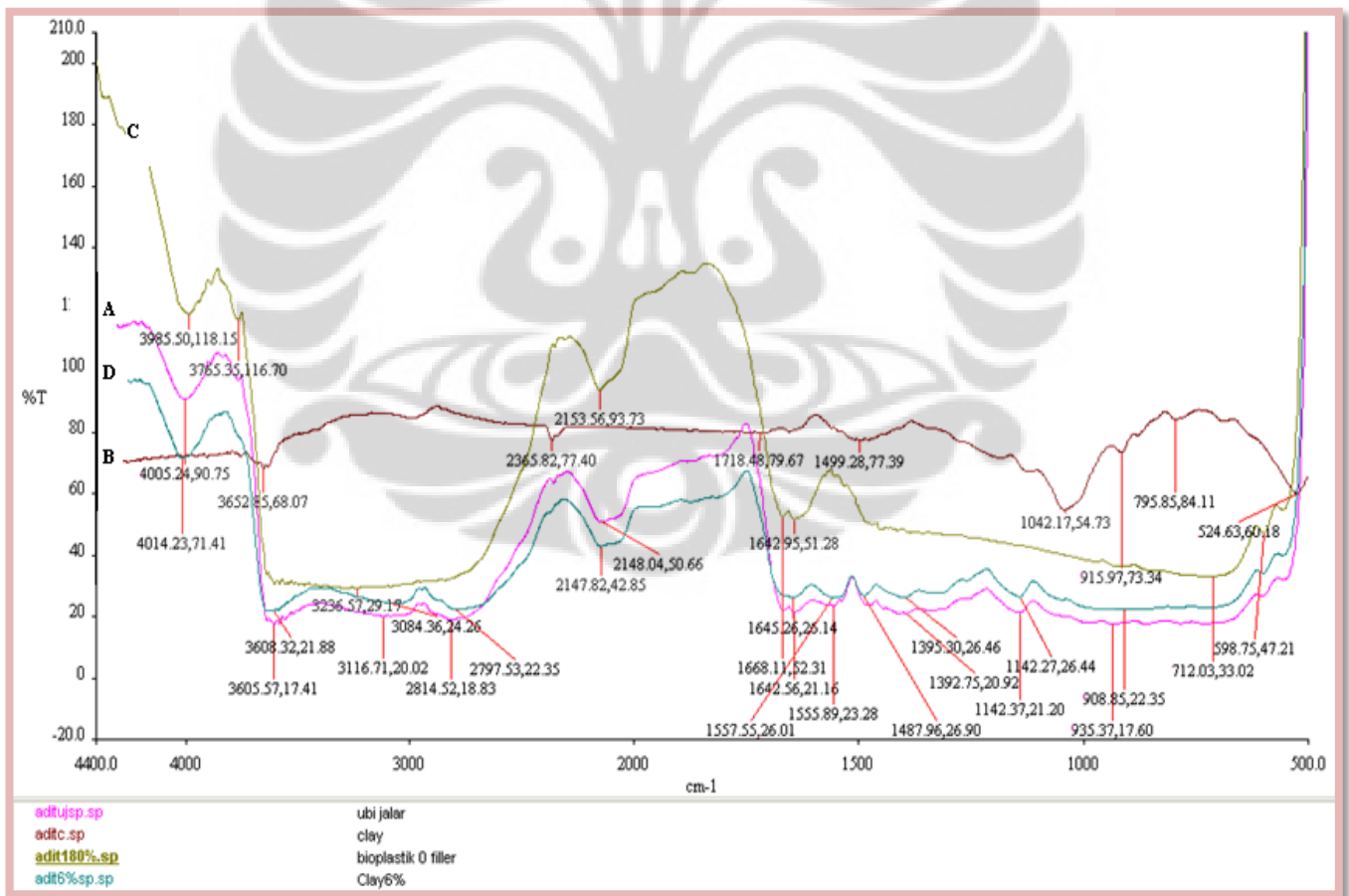
Tensile Strength			Tensile Elongation		
Clay 0,225 (g) + ZnO 0,075 (g)	Clay 0,15 (g) + ZnO 0,15 (g)	Clay 0,075 (g) + ZnO 0,225 (g)	Clay 0,225 (g) + ZnO 0,075 (g)	Clay 0,15 (g) + ZnO 0,15 (g)	Clay 0,075 (g) + ZnO 0,225 (g)
18,03	17,41	14,73	19,00	10,00	10,00
17,86	13,67	17,46	27,00	29,00	12,00
14,38	13,21	15,40	34,00	45,00	10,00
14,02	15,19	17,80	23,00	41,00	20,00
12,50	13,22	8,93	20,00	41,00	11,00
15,36	14,54	14,86	24,60	33,20	12,60

4.7. Hasil Uji Sifat Morfologi Bioplastik dengan Konsentrasi *Clay* 6%

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui karakteristik sifat morfologi dari bioplastik pati ubi jalar/ ZnO/*Clay*. Berikut ini adalah hasil dari pengujian sifat morfologi yang dilakukan.

4.7.1 Hasil Analisis Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)

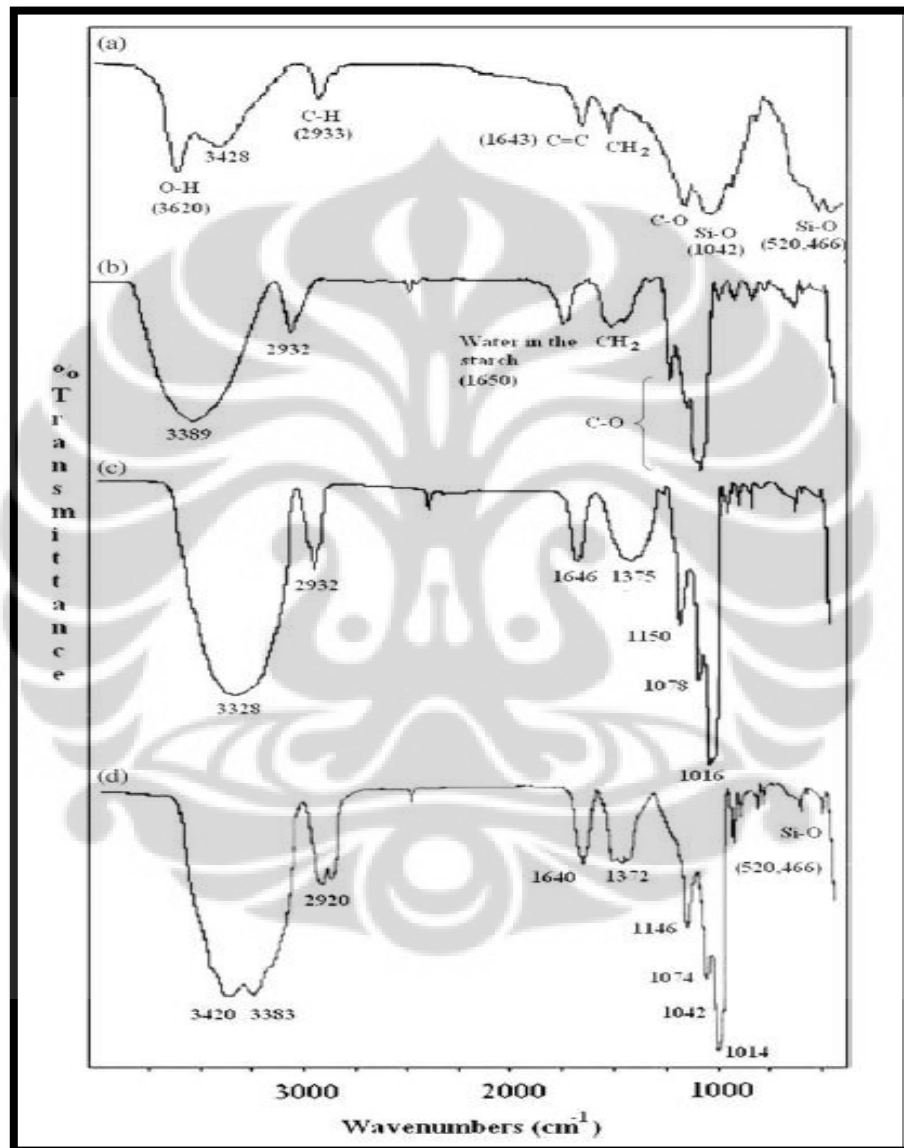
Analisis menggunakan FT-IR ini digunakan untuk mengidentifikasi interaksi antara pati ubi jalar sebagai matriks dan gliserol sebagai pemlastis yang digunakan dalam pembuatan bioplastik. Spektrum FT-IR dari bioplastik dianalisis dengan menggunakan alat. Spektrum FT-IR yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.20.



Gambar 4.20. Spektra FT-IR Bioplastik Ubi Jalar Dengan Pengisi *Clay* 6%

(A) *Clay*, (B) Ubi Jalar, (C) Bioplastik 0% *Clay*, (D) Bioplastik 6% *Clay*

Analisis FT-IR yang dilakukan oleh Ardakani merupakan analisis gugus fungsi dari pati kentang dan bahan pengisinya *Clay*. Berikut merupakan hasil FT-IR oleh Ardakani.



Gambar 4.21. Spektra FT-IR Pati Kentang Dengan Pengisi *Clay* Termofifikasi Oleh Arkadani
(a) CMMT, (b) Starch, (c) TPS, (d) TPS/CMMT (Ardakani,2009)

- Spektra FT-IR Pada Bioplastik 0%

Seperti yang terlihat pada gambar 4.20 C spektrum di daerah pati ubi jalar menunjukkan bahwa pati ubi jalar mempunyai puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 598.75 cm^{-1} , 712.03 cm^{-1} , 1142.95 cm^{-1} , 1668.11 cm^{-1} , 2153.56 cm^{-1} , 3236.57 cm^{-1} , 3765.35 cm^{-1} dan 3985.50 cm^{-1} .

Ardakani et.al (2009) melaporkan bahwa regangan C-O dari C-O-H terserap pada pita serapan pada panjang gelombang 1156 cm^{-1} dan 1081 cm^{-1} . Dari gambar 4.18 b terdapat puncak serapan pada panjang gelombang $1142,02\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya regangan C-O dari C-O-H yang terserap.

Dari gambar terlihat terjadi pergeseran panjang gelombang pada pati terhadap *clay*. Hal tersebut membuktikan bahwa ada pengaruh penambahan *filler clay* terhadap pati.

- Spektra FT-IR Pada Bioplastik 6% *Clay*

Seperti yang terlihat pada gambar 4.20 D spektrum di daerah pati ubi jalar menunjukkan bahwa pati ubi jalar mempunyai puncak serapan pada daerah bilangan gelombang 935.37 cm^{-1} , 1142.37 cm^{-1} , 1392.72 cm^{-1} , 1555.89 cm^{-1} , 1642.56 cm^{-1} , 2148.04 cm^{-1} , 2814.52 cm^{-1} , 3116.71 cm^{-1} , 3605.57 cm^{-1} dan 4014.23 cm^{-1} .

Ardakani et.al (2009) melaporkan bahwa regangan C-O dari C-O-H terserap pada pita serapan pada panjang gelombang 1156 cm^{-1} dan 1081 cm^{-1} . Dari gambar 4.18 c terdapat puncak serapan pada panjang gelombang $1142,37\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya regangan C-O dari C-O-H yang terserap.

Dari gambar terlihat terjadi pergeseran panjang gelombang bioplastik. Panjang gelombang yang terdapat pada bioplastik hampir

menyerupai panjang gelombang pada pati. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan penambahan *clay* kedalam pati cukup memberikan pengaruh.

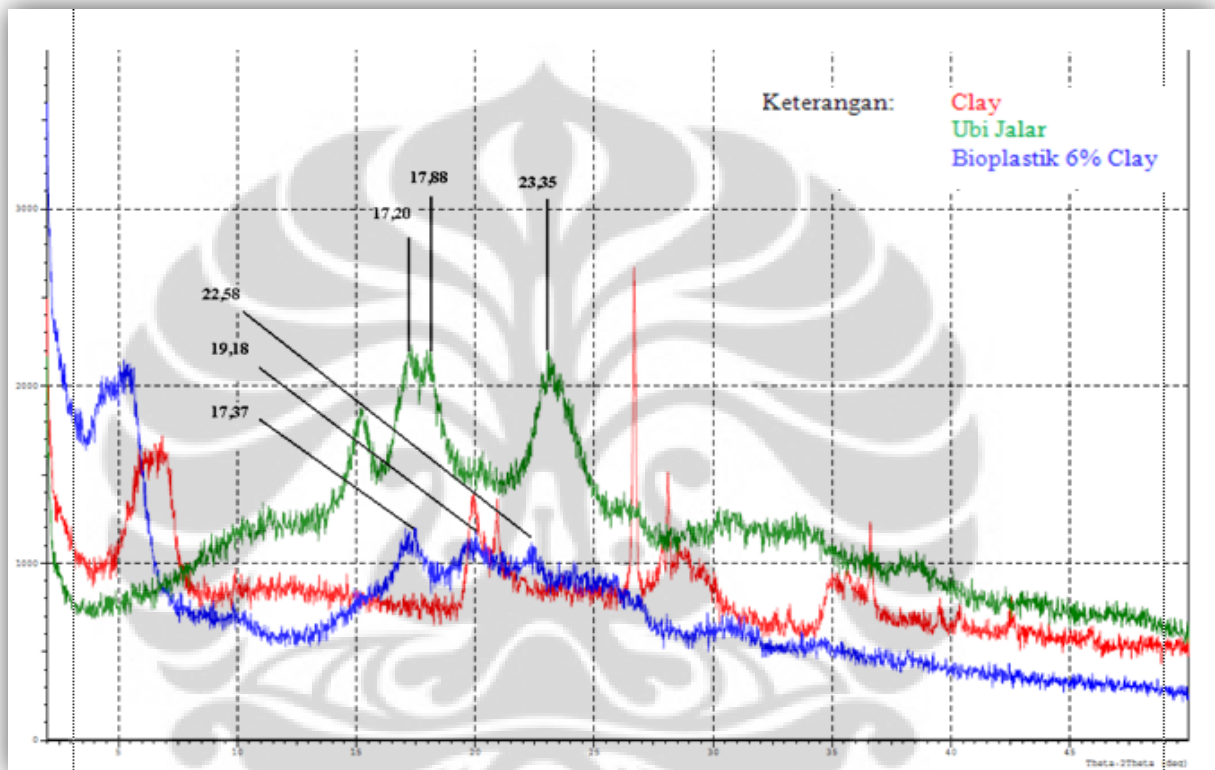
Dari serapan bilangan gelombang pada gambar 4.20 diperoleh data seperti pada tabel 4.11

Tabel 4.11. Hasil Pengujian FT-IR Bioplastik 6% *Clay*

Bilangan Gelombang (cm ¹)	Gugus Fungsi	Pati Ubi Jalar	<i>Filler Clay</i>	Bioplastik 0% <i>Clay</i>	Bioplastik 6% <i>Clay</i>
(1050 – 1300)	Regangan C-O dari C-O-H	ada	ada	-	ada
1020	Regangan C-O dari C-O-C	ada	-	-	ada
(3590 – 3650)	Ikatan H dari OH	ada	ada	-	ada
(2090 – 2260)	Alkuna C \equiv C	ada	-	ada	ada
(1340 – 1470)	C-H Bending	ada	ada	-	ada
(1610 – 1680)	C=C	ada	-	ada	ada
(675 – 995)	-(CH ₂) _n	ada	ada	ada	ada

4.7.2 Hasil Analisis X-Ray Diffraction

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui bentuk kristal material. Perubahan dalam intensitas yang terdifraksi diukur, direkam, dan diplot terhadap sudut difraksi (2θ). Analisis menggunakan XRD memungkinkan untuk menentukan struktur kristal, analisis fase kuantitatif dan kualitatif, ukuran kristal, maupun perhitungan kisi-kisi dari suatu material.



Gambar 4.22. Hasil Analisis XRD

X-ray diffractometer merupakan suatu alat yang digunakan untuk menganalisis bentuk kristal suatu material. Perubahan dalam intensitas yang terdifraksi diukur, direkam, dan diplot terhadap sudut difraksi (2θ). Analisis menggunakan XRD memungkinkan untuk menentukan struktur kristal, analisis fase kuantitatif dan kualitatif, ukuran kristal, maupun perhitungan kisi-kisi dari material tersebut.

Pola difraksi *X-Ray* dari matriks pati ubi jalar, pengisi clay dan bioplastik dianalisis menggunakan *X-Ray diffractometer* tipe XD-7000 Shimadzu dengan target radiasi Cu ($\lambda = 0,154056$ nm) yang dioperasikan pada tegangan 40 kV dan arus 30 mA. Pola difraksi diukur diantara $2\theta = 2^\circ$ - 50° dengan *scanning rate* $0,02^\circ$. Pola difraksi diukur diantara $2\theta = 10^\circ$ - 80° dengan *scanning rate* $0,02^\circ$. Pengukuran *d-spacing* dari lapisan silikat dihitung menggunakan persamaan Bragg seperti persamaan

$$\lambda = 2d \sin \theta$$

dimana:

λ = panjang gelombang (nm)

θ = posisi difraksi ($^\circ$)

Matriks, bahan pengisi (*Clay*), dan bioplastik dengan konsentrasi *Clay* 6% dan pati ubi jalar dianalisis menggunakan XRD dan hasilnya seperti pada gambar 4.20.

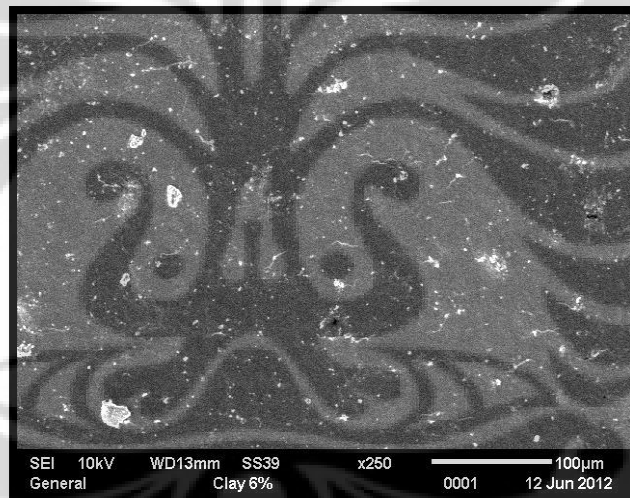
Seperti yang terlihat pada gambar 4.20, pola XRD ubi jalar memperlihatkan 3 puncak yang tajam ketika $2\theta = 17,2^\circ$ dengan *d-spacing* sebesar 5,15 nm, sementara untuk puncak kedua ketika $2\theta = 17,88^\circ$ dengan *d-spacing* sebesar 4,95 nm, dan puncak ketiga ketika $2\theta = 23,35^\circ$ dengan *d-spacing* sebesar 3,8 nm diantara lapisan *clay* tunggal. Akan tetapi pada setelah *clay* dicampur dengan gliserol menggunakan ultrasonik, ketiga puncak tersebut mengalami perubahan pergeseran sudut 2θ dan ukuran puncak yang semakin kecil. Pergeseran sudut 2θ kekiri dari pola XRD tunggal *clay* dengan pola bioplastik *clay* 6% menunjukkan adanya pencampuran pati, *clay* dan gliserol.

Wang Ning et al. (2009) melaporkan hasil yang sama dengan penggunaan *penguat* MMT dengan pemlastis gliserol menggunakan alat ultrasonik. Perluasan pergeseran sudut dan jarak interlayer dari silikat

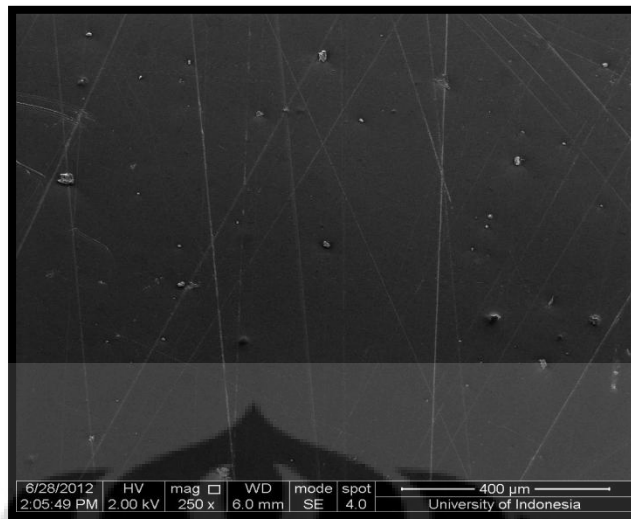
penguat terjadi setelah mengalami pencampuran. Dijelaskan bahwa secara efektif gliserol yang dapat menginterkalasi dan memperbesar lapisan *penguat*. Pada saat yang sama puncak juga mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan tinggi yang diberikan oleh ultrasonik menggeser dan bisa menghancurkan struktur multilayer dari *penguat* terhadap kehadiran gliserol.

4.7.3. Hasil Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

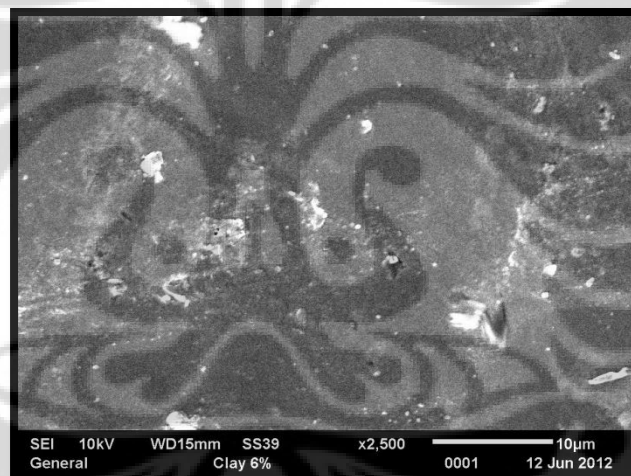
Untuk melihat morfologi dari permukaan bioplastik pati ubi jalar /Clay dilakukan analisis dengan *scanning electron microscope* (SEM). Gambar 4.21 menunjukkan hasil SEM yang telah dilakukan.



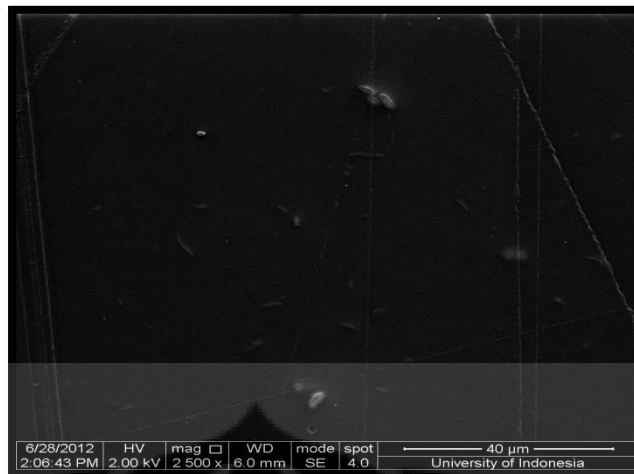
Gambar 4.23. SEM Bioplastik 6% Clay Perbesaran 250x



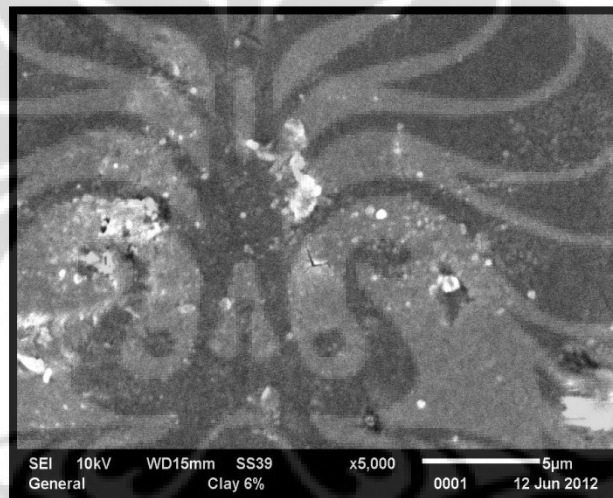
Gambar 4.24. SEM Bioplastik 0% *Clay* Perbesaran 250x



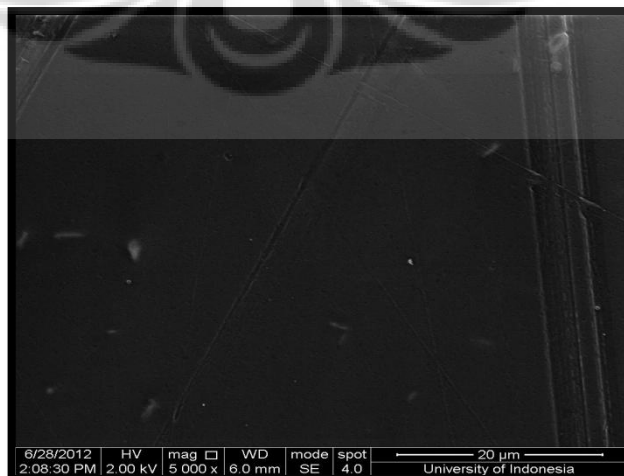
Gambar 4.25. SEM Bioplastik 6% *Clay* Perbesaran 2500x



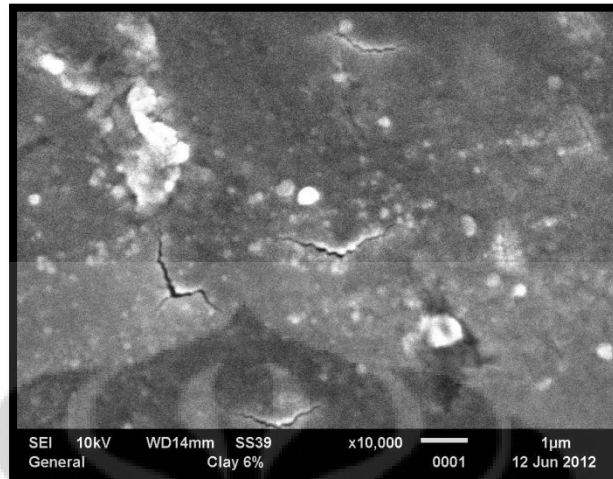
Gambar 4.26. SEM Bioplastik 0% *Clay* Perbesaran 2500x



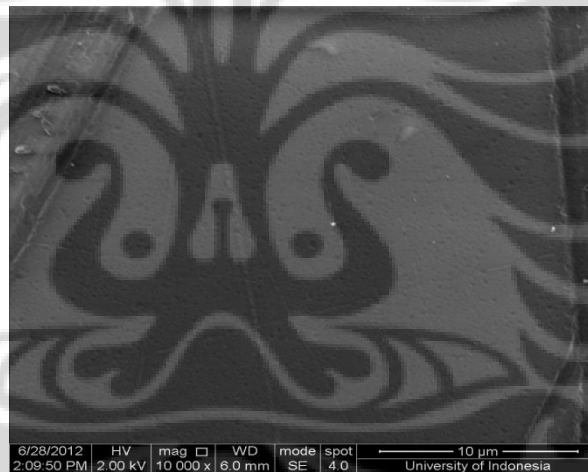
Gambar 4.27. SEM Bioplastik 6% *Clay* Perbesaran 5000x



Gambar 4.28. SEM Bioplastik 0% *Clay* Perbesaran 5000x



Gambar 4.29. SEM Bioplastik 6% *Clay* Perbesaran 10000x



Gambar 4.30. SEM Bioplastik 0% *Clay* Perbesaran 10000x

Titik-titik terang yang berwarna putih yang ditunjukkan pada gambar 4.21 mewakili ukuran dan distribusi partikel agregat tanah liat. Dalam gambar tersebut juga terdapat gumpalan putih agak besar. Ini mengindikasikan bahwa partikel *clay* di dalam matriks tidak tersebar secara merata. Kurangnya tenaga yang cukup kuat pada proses pemanasan dan pengadukan antara *clay* dengan matriks pati inilah yang mungkin menyebabkan tidak tersebarnya partikel *clay* dengan baik.

Hasil penelitian Wang Ning (2009) menunjukkan hasil SEM yang hampir merata persebaran partikel bahan pengisinya (*Clay*). Hal ini dapat dijelaskan karena penelitian ini mampu mencapai suhu yang sangat tinggi dimana suhu berkisar 130 °C selama proses pemanasan dan pengadukan. Suhu ini yang akan memecah ikatan hidrogen pada pati kentang sehingga menghasilkan distribusi partikel *clay* yang baik.

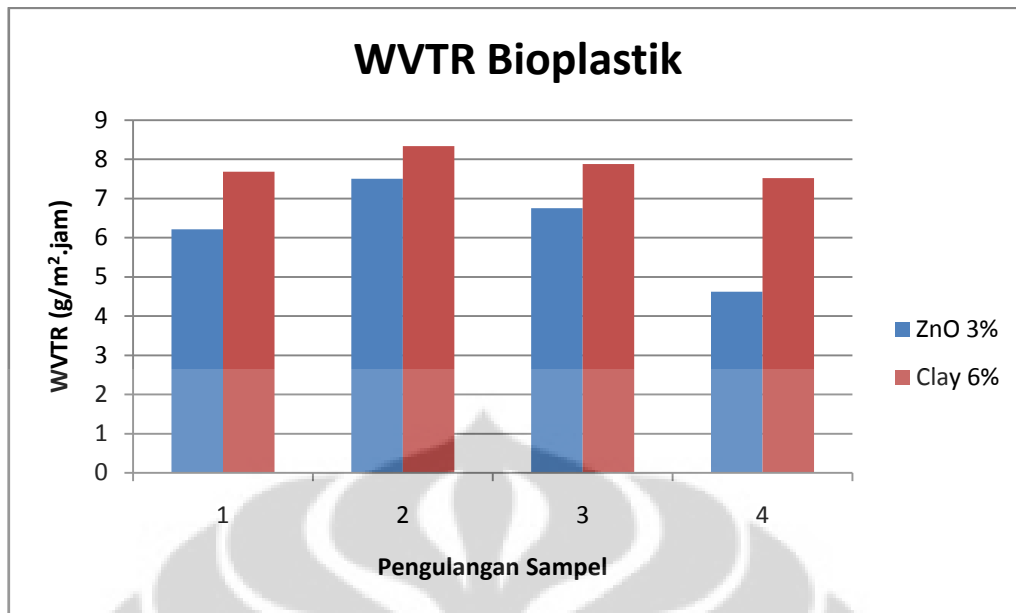
4.7.4 Hasil Analisis Water Vapour Transmission Rate (WVTR)

Pengujian WVTR ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan bioplastik dipengaruhi oleh RH (*Relative Humidity*) dan temperatur. Metode uji yang digunakan dalam pengujian ini adalah ASTM E96. Metode uji ini digunakan untuk mengukur transmisi uap air dengan metode desiccant dari material seperti kertas, plastic film atau lembaran lain. Pengujian WVTR dilakukan untuk setiap variasi yang dilakukan ada penelitian ini.

Pengujian *water vapour transmission rate* dari film bioplastik pati ubi jalar /*clay* bertujuan untuk mengetahui laju transmisi masuknya uap air ke dalam bioplastik. Pengujian ini mengacu pada ASTM E-96 M-05 dengan menggunakan metode *desiccant* dari material yang diuji.

Tabel 4.12. Perbandingan Hasil Uji WVTR

Hasil Uji WVTR ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$)		
Sampel	ZnO 3%	<i>Clay</i> 6%
1	6,2122	7,6831
2	7,5060	8,3399
3	6,7536	7,8822
4	4,6238	7,5238
Rata – rata	6,2174	7,8573



Gambar 4.31. Grafik WVTR Bioplastik

Dari data yang didapat dari hasil pengujian, didapatkan nilai WVTR bioplastik dengan konsentrasi *filler Clay* 6 % sebesar 7,8573 (g/m².jam). Dari gambar 4.22 diketahui bahwa nilai WVTR dari bioplastik/*Clay* 6% lebih tinggi dibandingkan dengan bioplastik/*ZnO* 3%. Hal ini disebabkan karena terdapat komposisi gugus hidroksil (OH⁻) di dalam *filler clay*, sehingga bioplastik lebih memiliki sifat hidrofilik. Gugus tersebut juga mempengaruhi laju transmisi uap air dalam bioplastik yang terbentuk.

4.7.5 Uji Biodegradabilitas

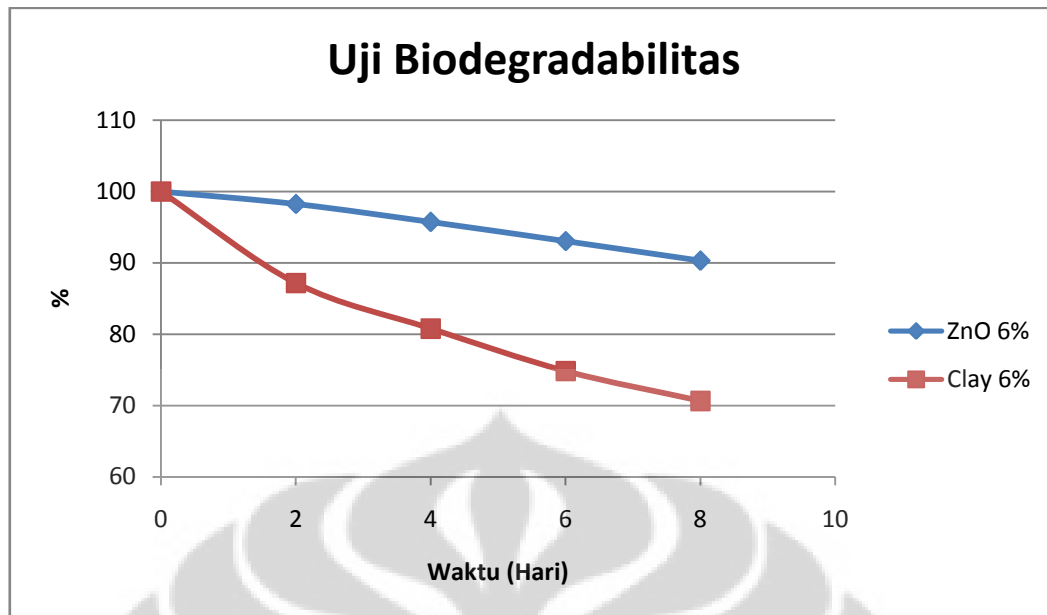
Untuk mengetahui biodegradabilitas dari bioplastik yang dibuat maka dilakukan pengujian *soil burial test* dengan tujuan untuk mengetahui laju degradasi sampel dengan berbagai variasi sehingga akan bisa diramalkan berapa lama sampel tersebut akan terurai oleh mikroorganisme dalam tanah. Pada metode ini hanya dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah yang terkontrol sifat fisik dan kimiawinya kemudian menghitung fraksi berat residual dari sampel dalam tiap satuan waktu (gram/day).

Tabel 4.13. Hasil uji biodegradabilitas bioplastik dengan penguat clay 6%

Variasi	Sampel	Fraksi Berat Residual (%)				
		0	2	4	6	8
Clay 6%	1	100	95,27	91,88	86,55	83,76
	2	100	84,92	79,76	73,23	68,21
	3	100	83,85	72,69	64,23	59,04
	4	100	84,66	78,80	75,34	71,58
Rata-rata		100	87,17	87,17	74,84	70,65

Tabel 4.14. Hasil uji biodegradabilitas bioplastik dengan penguat ZnO 6%

Variasi	Sampel	Fraksi Berat Residual (%)				
		0	2	4	6	8
ZnO 6%	1	100	96,92	93,65	89,12	86,43
	2	100	98,05	94,74	92,11	89,00
	3	100	98,92	96,85	95,18	92,63
	4	100	99,10	97,60	95,70	93,10
Rata-rata		100	98,25	95,71	93,03	90,29



Gambar 4.32. Hasil Uji Biodegradabilitas ZnO 6% dan Clay 6%

Dari gambar 4.24 terlihat pola penurunan massa dari bioplastik dengan konsentrasi ZnO 6% mulai dari hari ke-0 sampai ke-8. Penurunan per 2 harinya berkisar 2-3 g. Hal tersebut serupa dengan pola penurunan yang terjadi pada bioplastik dengan konsentrasi clay 6%. Penurunan tersebut salah satunya disebabkan oleh mekanisme degradasi yang melibatkan mikroorganisme yang terdapat pada pati ubi jalar.

4.8. Perbandingan Hasil Penelitian Pati Ubi Jalar/Clay dengan Hasil Penelitian Pati Kentang/Clay oleh Kazem Majdzadeh-Ardakani

Penelitian yang dilakukan oleh Kazem Majdzadeh-Ardakani pada tahun 2009 merupakan penelitian pembuatan bioplastik menggunakan matriks pati kentang yang ditambahkan dengan clay dan penggunaan gliserol sebagai pemlastis. Penelitian oleh Ardakani ini juga menggunakan metode *melt intercalation* dalam proses pembuatannya. Berikut merupakan hasil penelitian oleh Kazem Majdzadeh-Ardakani dengan hasil penelitian ubi jalar/clay.

a. Sifat Mekanis

Tabel merupakan perbandingan *tensile strenght* dan elongasi hasil percobaan bioplastik pati ubi jalar/Clay dengan hasil yang dilakukan oleh Ardakani (2009) menggunakan pati ubi jalar/Clay.

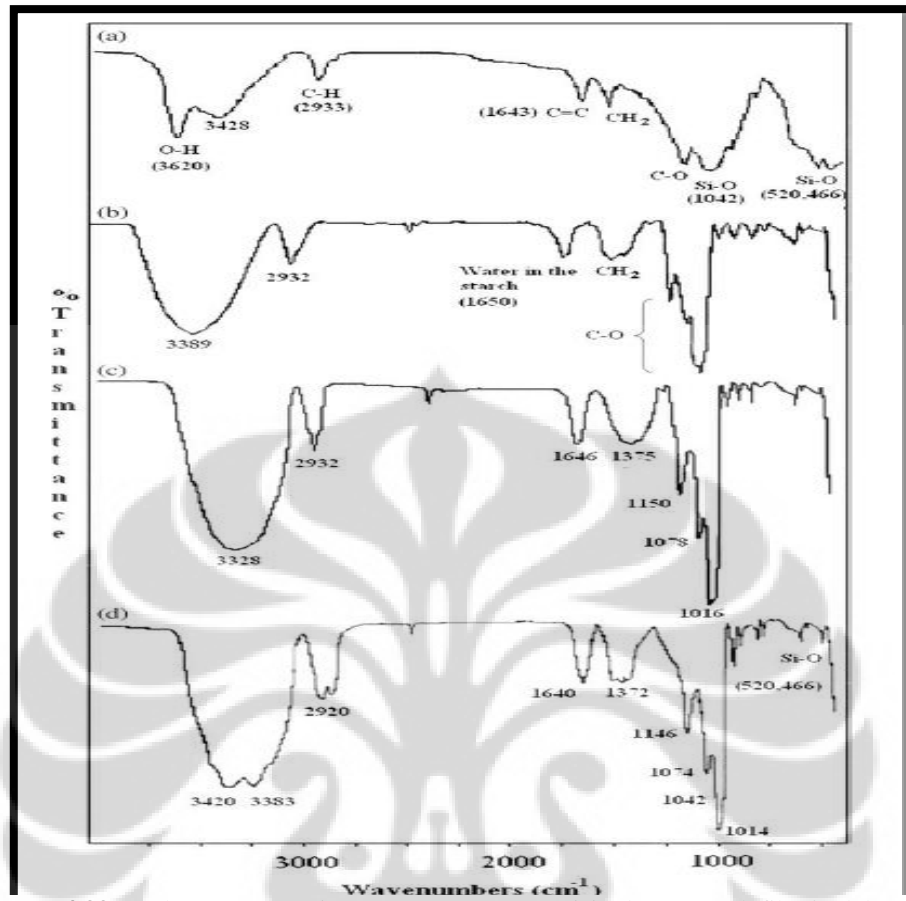
Tabel 4.15 1. Perbandingan *tensile strenght* dan elongasi bioplastik dengan variasi konsentrasi Clay 0,3,6% wt pada 25% gliserol dan kondisi proses lama pemanasan 40 menit dengan hasil penelitian Ardakani (2009)

	<i>Tensile Strenght</i> (MPa)			Elongasi (%)		
	0% wt	3% wt	6% wt	0% wt	3% wt	6% wt
Penelitian Bioplastik	1,37	1,58	2,23	43,00	25,17	12,83
Penelitian Ardakani	2	11	30	76	62	50

Perbedaan hasil *tensile strenght* dan elongasi seperti pada tabel disebabkan karena bahan baku yang digunakan mengandung kadar amilosa dan amilopektin yang jauh berbeda. Selain itu bahan pengisi clay juga sangat mempengaruhi hasil yang diperoleh. Bahan pengisi yang digunakan oleh Ardakani merupakan clay yang berukuran 600 nm sementara clay yang digunakan dalam penelitian ini berukuran 74 micron.

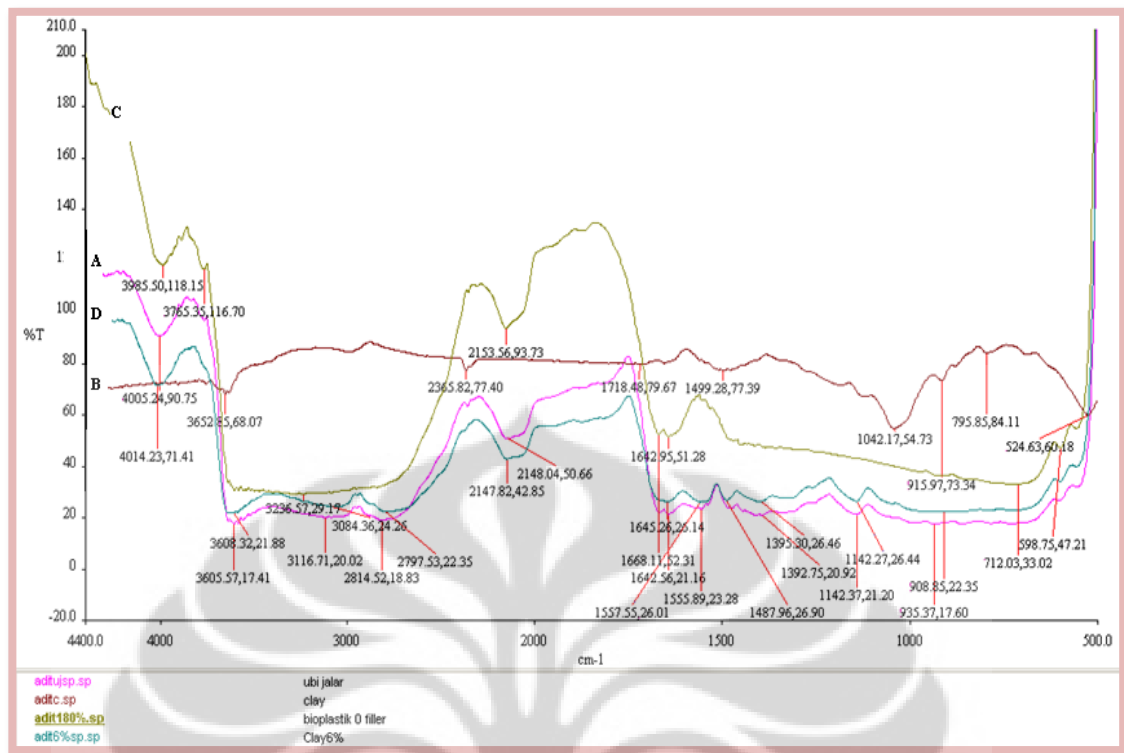
b. Analisis FT-IR

Analisis FT-IR yang dilakukan oleh Ardakani merupakan analisis gugus fungsi dari pati kentang dan bahan pengisinya clay. Berikut merupakan perbandingan hasil FT-IR pati ubi jalar dengan hasil FT-IR oleh Ardakani.



Gambar 4.33. Spektra FT-IR Pati Kentang Dengan Pengisi *Clay* Termomodifikasi Oleh Arkadani

(a) CMMT, (b) Starch, (c) TPS, (d) TPS/CMMT (Ardakani,2009)

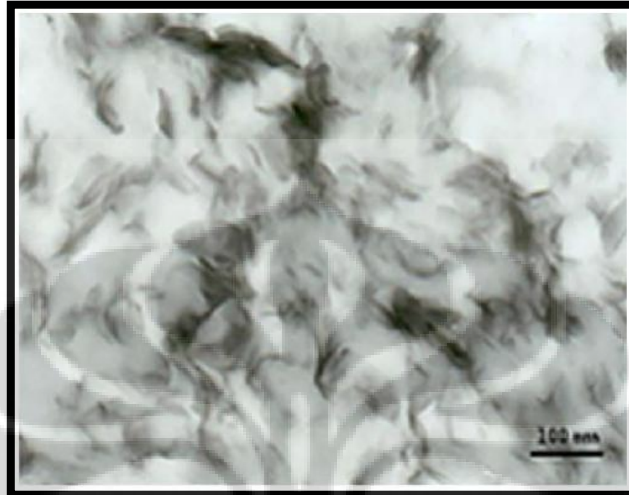


Gambar 4.34. Spektra FT-IR Bioplastik Ubi Jalar Dengan Pengisi Clay 6%
 (A) Clay, (B) Ubi Jalar, (C) Bioplastik 0% Clay, (D) Bioplastik 6% Clay

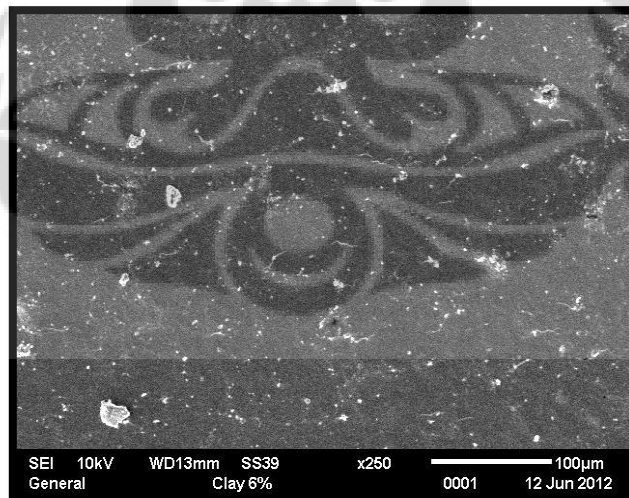
Ardakani *et.al* (2009) melaporkan bahwa regangan C-O dari C-O-H terserap pada pita serapan pada panjang gelombang 1156 cm^{-1} dan 1081 cm^{-1} . Dari gambar 4.18 b terdapat puncak serapan pada panjang gelombang $1144,02\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya regangan C-O dari C-O-H yang terserap. Ardakani *et.al* (2009) juga melaporkan bahwa regangan C-O dari C-O-H terserap pada pita serapan pada panjang gelombang 1156 cm^{-1} dan 1081 cm^{-1} . Dari gambar 4.18 c terdapat puncak serapan pada panjang gelombang $1142,37\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan adanya regangan C-O dari C-O-H yang terserap.

c. Analisis SEM

Berikut merupakan perbedaan hasil gambar SEM antara bioplastik pati Ubi jalar/clay dengan pati kentang/clay hasil penelitian Ardakani (2009).



Gambar 4.35. Hasil SEM dari hasil penelitian Ardakani (2009) dengan konsentrasi Clay 6 wt%



Gambar 4. 361. Hasil SEM dari bioplastik dengan konsentrasi Clay 6 wt%

Hasil penelitian Ardakani (2009) menunjukkan hasil SEM yang hampir merata persebaran partikel bahan pengisinya (Clay). Hal ini dapat dijelaskan karena penelitian ini mampu mencapai suhu yang sangat tinggi selama proses pemanasan dan pengadukan. Suhu ini yang akan memecah ikatan hidrogen pada pati kentang sehingga menghasilkan distribusi partikel clay yang baik.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya, maka dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan berikut:

1. Pati Ubi Jalar dapat dibentuk menjadi matriks dari bioplastik.
2. Konsentrasi ZnO yang optimum pada pembuatan bioplastik adalah pada saat konsentrasinya 3 wt %. Konsentrasi Clay yang optimum pada pembuatan bioplastik adalah pada saat konsentrasinya 6 wt %.
3. Dari hasil karakterisasi diperoleh kesimpulan sebagai berikut:
4. a. Dari hasil pengujian sifat mekanik dapat disimpulkan bahwa penambahan konsentrasi Filler ZnO dan Clay akan menyebabkan meningkatnya nilai kuat tarik dan menurunnya nilai elongasi. Hasil pengujian WVTR :

Tabel 5.1. Perbandingan Hasil Uji WVTR

Hasil Uji WVTR ($\text{g.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$)		
Ulangan Sampel	ZnO 3%	Clay 6%
1	6,2122	7,6831
2	7,5060	8,3399
3	6,7536	7,8822
4	4,6238	7,5238
Rata - rata	6,2174	7,8573

- b. Uji biodegradabilitas menggunakan metode *soil burial test* menunjukkan tingkat degradasi sampel bioplastik pati ubi jalar/clay yang mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya hari.

- c. Dari hasil pengujian FT-IR, XRD, dan SEM dapat diketahui terjadi perubahan struktur yang disebabkan adanya partikel pengisi *clay* dalam bioplastik yang dihasilkan selama percobaan.

5.2 SARAN

1. Untuk menghasilkan pemanasan yang lebih merata dan suhu yang lebih stabil saat pembuatan biokomposit, penggunaan water bath dapat menjadi pilihan.
2. Untuk mengetahui lebih jauh bagaimana pengaruh *clay* terhadap sifat mekanik sebaiknya dilakukan variasi kadar konsentrasi gliserol.



DAFTAR PUSTAKA

- Adriyanto, F., A. W. W. (2003). *Sifat Listrik dan Optik dari Lapisan Tipis ZnO: B yang Ditumbuhkan dengan Metode Metalorganic Chemical Vapor Deposition*. Jurnal Fisika Indonesia, Volume 7.
- Afrozi, A. S. (2010). *Sintesis dan karakterisasi katalis nanokomposit berbasis titania untuk Produksi Hidrogen dari Gliserol dan Air*. Depok: Departemen Teknik Kimia, Universitas Indonesia.
- American Society for Testing and Methode.(1999).*ASTM Standards Pertaining to The Biodegradability and Compostbility of Plastic*. Weat Conshocken:Author
- Ardakani, K.M., A.H. Navarchian, F. Sadeghi.(2009).*Optimization of mechanical properties of thermoplastic starch/clay nanocomposites*.Carbohydrate Polymers,79,547 – 554.
- Avella, M. e. (2009). *Eco-challenges of bio-based polymer composites*. Materials, 2, 911-925.
- Bayandori, A. M. (2009). *Synthesis of ZnO nanoparticles and elecrodposition of Polypyrole/ZnO nanocomposite film*. Int J Electrochem Sci, 4, 247-257.
- Ben,E,S., Zulianis, A.Halim.(2007).*Studi awal pemisahan amilosa dan amilopektin pati singkong dengan fraksinasi butanol-air*. Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi,Vol 2,No.1,1-11
- Bragg,W.L. (1974).*The Diffraction of Short Electromagnetic Waves by a Crystal*. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, 43–57.

- Chandramouleeswaran, S., Mhaskel, S. T., Kathe, A. A., Varadarajan, P. V., Virendra, P., & Vigneshwaran, N. (2007). *Functional behaviour of polypropylene/ZnO soluble starch nanocomposites*. *Nanotechnology*, 18, 385702–385709.
- Chevillard, A., H.A Coussy, B Cuq, V Guillard, G. Cesar, N.Gontard, E.Gastaldi. (2011). *How the biodegradability of wheat gluten-based agromaterial can be modulated by adding nanoclay*. *Polymer Degradation And Stability*, 96, 2088 – 2097.
- Choi, Kyoung Shin. (2008). *Band Gap Tuning of Zinc Oxide Films for Solar Energy Conversion*. West Lafayette: Department of Chemistry, Purdue University.
- Chiou, B.S., E.Yee, D.Wood, J. Shey, G.Glenn, W.Orts. (2006). *Effects of processing conditions on nanoclay dispersion in starch-clay nanocomposites*. *Cereal Chemistry*, 83, 300
- Denault, J.; Labrecque, B. (2004). *Technology Group on Polymer Nanocomposites – PNC-Tech*. Industrial Materials Institute. National Research Council Canada, 75 de Mortagne Blvd. Boucherville, Québec, J4B 6Y4.
- Departemen Pertanian. (2012, January 2). *Tanaman Penghasil Kalori yang Produktif*. May 28, 2011.
<http://www.deptan.go.id/bpsdm/bbppetindan/index.php/artikel/204-tanaman-penghasil-kalori-yang-produktif>
- Domenek, S., Pierre Feuilleley, Jean Gratraud, Marie-Heeleene Morel, Steephane Guilbert. (2004). *Biodegradability of wheat gluten based bioplastics*. *Chemosphere* 54, 551-559

Giannelis,E.P.(1996). *Polymer layered silicate nanocomposite*.Advanced Materials.

Gómez-Martínez,D., A.G.Barneto, I.Martínez, P.Partal. (2011). *Modelling of pyrolysis and combustion of gluten-glycerol-based bioplastics*. Bioresource Technology, 102, 6246-6253.

Gonzalez-Gutierrez, J., P.Partal,M.Garcia-Morales,C.Gallegos. (2010). *Development of highly-transparent protein/starch-based bioplastics*. Bioresource Technology 101,2007-2013.

Hartati, N. S., T. K. P. (2003). *Analisis Kadar Pati dan Serat Kasar Tepung beberapa Kultivar Talas (Colocasia esculenta L. Schott)*. Jurnal Natur Indonesia.

Jerez,P.Partal,I.Martinez,C.Gallegos,A.Guerrero. (2005).*Rheology and processing of gluten based bioplastics*. Journal of Food Engineering ,26, 131 - 138.

Kampeerapappun,P., D. Aht-ong, D. Pentrakoon, K.Srikulkit.(2007). *Preparation of cassava starch/montmorillonite composite film*. Carbohydrate Polymers,67,155-163.

Li, J., C. Z., Gang Wang, Delu Zhao (2002). *Study on Kinetics of Polymer Melt Intercalation by a Rheological Approach*. Applied Polymer Science 89, 318–323.

Ma, X. F. (2008). *Preparation and properties of glycerol plasticized-pea starch/zinc oxide bionanocomposite*. Carbohydrate Polymers, 75, 472-478.

Ning,W., Z.Xingxiang, H.Na, B.Shihe.(2009). *Effect of citric acid and processing on the performance of thermoplastic starch/monmorillonite nanocomposite*. Carboydrate Polymers,76,68 – 73.

- Qiao,X., Z.Tang, K.Sun.(2010). *Plasticization of corn starch by polyol mixtures*.Carbohydrate Polymers, 83, 659 – 664.
- Ray, S.S.; Okamoto, M. (2003) *Polymer/layered silicate nanocomposites: a review from preparation to processing*. Prog. Polym. Sci, 28, 1539–1641.
- Rhim,J.W.(2007).Natural Biopolymer-based nanocomposite films for packaging applications.Critical Reviews in Food Science and Nutrition,47,411.
- Rosa, Erlyta S., S. H. T. L. (2009). *Pembuatan Film Oksida Konduktif Transparan zno: Al Menggunakan Metoda Screen Printing*. Jurnal Elektronika, Volume 9.
- Teixeira,E.M., Daniel Pasquini, Antônio A.S.Curvelo,Elisângela Corradini, 2009. *Cassava bagasse cellulose nano fibrils reinforced thermoplastic cassava starch*. Carbohydrate Polymers78,422-431.
- The encyclopedia of science. (2012,January 2012). Glycerol (September,2010)
<http://www.daviddarling.info/encyclopedia/G/glycerol.html>
- Thermo Nicolet Corporation. (2001). *Introduction to Fourier Transform Infrared Spectrometry*. Madison: Author.
- Wahyu, M.K. (2009).*Pemanfaatan Pati singkong sebagai Bahan Baku Edible Film*. Karya Tulis Beswan Djarum.
- Walle, A. J. a. C. G. V. d. (2009). *Fundamentals of zinc oxide as a semiconductor*. Santa Barbara: University of California.

Wang, Z. L. (2004). *Semiconducting and piezoelectric oxide nanostructures induced by polar surfaces*. *Advanced Functional Materials*, 14, 943-956.

Wardani, R. (2009). *Bahaya Penggunaan Plastik*. Pendidikan MIPA. Universitas Palangkaraya. Palangkaraya

Zhao, R. (2008). *Emerging biodegradable materials: starch- and protein-based*. *J. Master Sci.*, 43, 3058-3071.



LAMPIRAN 1

SNI 7188.7:2011

SNI
Standar Nasional Indonesia



ICS 13.020.50

Badan Standardisasi Nasional



Universitas Indonesia

Sintesis bioplatik..., Adityo Fajar Nugroho, FT UI, 2012



© BSN 2011

Hak cipta dilindungi undang-undang. Dilarang menyalin atau menggandakan sebagian atau seluruh isi dokumen ini dengan cara dan dalam bentuk apapun dan dilarang mendistribusikan dokumen ini baik secara elektronik maupun tercetak tanpa izin tertulis dari BSN

BSN
Gd. Manggala Widyabakti
Blk IV, Lt. 3,4,7,10
Telp. +6221-5747043
Fax. +6221-5747045
Email: dokinfo@bsn.go.id
www.bsn.go.id

Ditribukan di Jakarta

Hak Cipta Badan Standarisasi Nasional, Copy standar ini dibuat untuk penyediaan di website dan tidak untuk keperluan

Daftar Isi

Daftar Isi.....	I
Prakata.....	II
Pendahuluan.....	II
1 Ruang lingkup.....	1
2 Acuan normatif.....	1
3 Istilah dan definisi.....	1
4 Kriteria, ambang batas dan metoda uji/verifikasi.....	2
5 Persyaratan umum.....	4
Bibliografi.....	5
Tabel 1 Kriteria, ambang batas dan metoda uji/verifikasi.....	2
Tabel 2 Persyaratan umum.....	4

SNI 7188.7:2011

Prakata

SNI 7188.7:2011 ini dengan judul *Kriteria ekolabel – Bagian 7: Kategori produk kantong belanja plastik* ini dirumuskan oleh Sub Panitia Teknis 13-03-S4, *Manajemen Lingkungan* dari Panitia Teknis 13-03, *Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan* yang berkedudukan di Kementerian Lingkungan Hidup. SNI ini digunakan untuk mendukung sistem akreditasi dan sertifikasi ekolabel Indonesia untuk produk manufaktur. Kriteria yang dimuat dalam dokumen ini termasuk dalam jenis ekolabel tipe I multikriteria yang disertai dengan evaluasi oleh pihak ketiga yang kompeten dan pencantuman tanda ekolabel pada produk dan atau kemasan produk bagi produk yang memenuhi kriteria ini. Berbagai pihak yang berkepentingan telah berperan aktif dan mendukung perumusan kriteria ini.

Perumusan kriteria ini berdasarkan kajian teknis ilmiah terhadap aspek lingkungan sepanjang daur hidup dari kategori produk yang bersangkutan. SPT 13-03-S4, *Manajemen Lingkungan* menyimpan dokumen kajian teknis tersebut dan secara berkala memutakhirkan informasi yang terkait dengan perkembangan pengetahuan, inovasi produk dan kemajuan teknologi yang mendasari kelayakan teknis standar kriteria ini. Dokumen hasil kajian teknis kriteria ekolabel dapat diakses oleh pihak-pihak yang berkepentingan dengan kriteria ini.

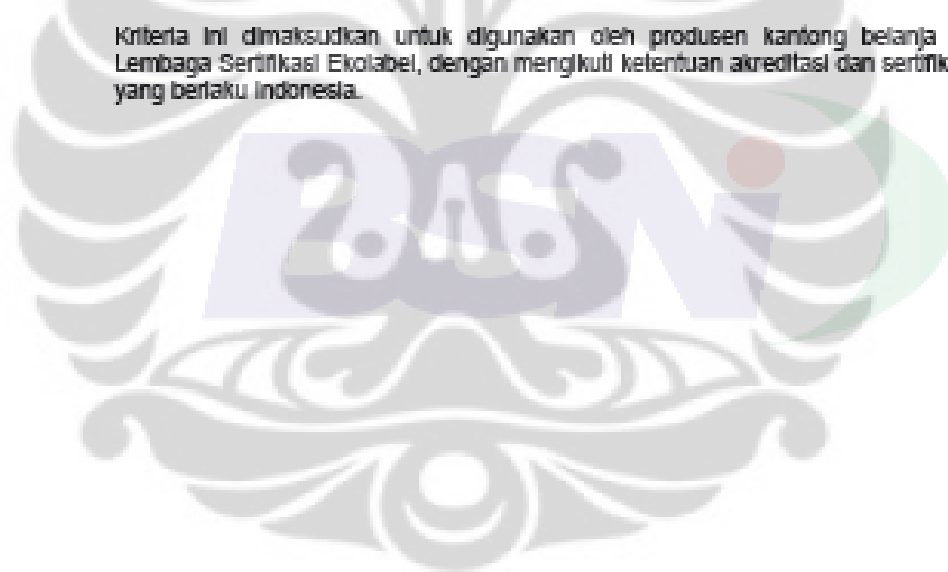
Standar ini telah dibahas dalam rapat konsensus pada tanggal 13 Desember 2010 bertempat di Jakarta dan dihadiri oleh pihak-pihak terkait. SNI ini juga telah melalui tahap Jajak Pendapat pada tanggal 7 Maret 2011 sampai dengan 7 Mei 2011 dengan hasil disetujui menjadi SNI.

Pendahuluan

Penggunaan kantong belanja dari plastik semakin menambah kompleksitas permasalahan sampah karena sifatnya yang sulit terdegradasi. Plastik diperkirakan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun hingga dapat terdegradasi dengan sempurna. Kriteria ekolabel yang disusun berdasarkan aspek sepanjang daur hidup suatu produk diharapkan dapat mengurangi dampak lingkungan yang diakibatkan oleh produk tersebut. Kriteria ekolabel untuk produk 'kantong belanja plastik' ditujukan untuk menetapkan persyaratan lingkungan yang harus dipenuhi sebagai produk yang ramah lingkungan juga diharapkan dapat mengurangi dampak pemakaiannya terhadap lingkungan.

Persyaratan yang dimuat dalam kriteria dan nilai ambang batas merupakan persyaratan khusus terkait dengan kategori produk, sedangkan persyaratan yang dimuat dalam persyaratan umum merupakan persyaratan umum yang berlaku untuk berbagai kategori produk manufaktur. Evaluasi pemenuhan dokumen kriteria ini meliputi evaluasi pemenuhan kriteria dan ambang batas, serta evaluasi pemenuhan persyaratan umum.

Kriteria ini dimaksudkan untuk digunakan oleh produsen kantong belanja plastik dan Lembaga Sertifikasi Ekolabel, dengan mengikuti ketentuan akreditasi dan sertifikasi ekolabel yang berlaku Indonesia.



SNI 7188.7:2011

Kriteria ekolabel – Bagian 7: Kategori produk kantong belanja plastik

1 Ruang lingkup

Kriteria ini berlaku untuk kantong plastik dengan atau tanpa *printing* yang digunakan sebagai kantong belanja *retail* (tidak dipergunakan untuk makanan), yang dibuat utamanya dengan cara yang dikenal sebagai proses *blown film*. Kriteria ini mencakup definisi; persyaratan kriteria, nilai ambang batas dan metode uji/verifikasi, serta persyaratan umum.

2 Acuan normatif

SNI 19-14001-2005, *Sistem manajemen lingkungan – Spesifikasi dan panduan penggunaan*

SNI ISO 9001:2008, *Sistem manajemen mutu – Persyaratan*

ASTM D 3826-98 (2008), *Standard practice for determining degradation end point in degradable PE and PP using a tensile test*.

ASTM D 5208-09, *Standard practice for fluorescent ultraviolet (UV) exposure of photodegradable plastics*.

SNI ISO/IEC 17025:2008, *Persyaratan umum kompetensi laboratorium penguji dan laboratorium kalibrasi*

ASTM G21-09, *Standard practice for determining resistance of synthetic polymeric materials to fungi*

IEC-62321 Ed 1.0 2008, *Electrotechnical products - Determination of levels of six regulated substances (lead, mercury, cadmium, hexavalent chromium, polybrominated biphenyls, polybrominated diphenyl ethers)*.

RoHS (Restriction of Hazardous Substances), *Terkait dengan penggunaan prodegradant*

3 Istilah dan definisi

3.1

ekolabel

pernyataan yang menunjukkan aspek lingkungan dari suatu produk

3.2

plastik

senyawa makromolekul organik yang diperoleh dengan cara polimerisasi, polikondensasi, poliadisi, atau proses serupa lainnya dari monomer atau oligomer atau dengan perubahan kimiawi makromolekul alami

3.3

degradabilitas

kemampuan terjadinya perubahan struktur kimia secara signifikan pada kondisi tertentu di mana beberapa sifat teknisnya akan berkurang secara bervariasi jika diukur dengan metoda uji standar pada periode waktu tertentu

SNI 7188.7:2011

3.4

biodegradabilitas

kemampuan terdegradasi/ terurai oleh aksi alami mikroorganisme seperti bakteri jamur dan lain-lain

3.5

thermoplastik

bahan plastik yang akan menjadi lelehkan bila dipanaskan dan akan menjadi keras bila didinginkan, dapat diproses kembali dengan pemanasan dan penekanan menjadi bentuk lain

3.6

prodegradant

aditif yang fungsinya untuk mempercepat proses degradasi

3.7

tensile elongation

ukuran pemuluran bahan akibat uji tarik

3.8

pewarna azo

adalah zat warna yang bila tereduksi menghasilkan senyawa Amina group MAK (*Maximale Arbeitsplatz Konzentration*) III A1 dan III A2

3.9

pemohon

produsen atau perwakilannya atau pemilik merek dagang yang memenuhi legalitas usaha sesuai dengan ketentuan hukum dan peraturan yang berlaku di Indonesia

4 Kriteria, ambang batas dan metoda uji/verifikasi

Tabel 1 Kriteria, ambang batas dan metoda uji/verifikasi

No	Aspek Lingkungan	Persyaratan	Metoda uji/verifikasi
1	Bahan baku dan aditif a. Thermoplastik mengandung prodegradant	<ul style="list-style-type: none"> - Prodegradant harus memenuhi persyaratan RoHS (<i>Restriction of Hazardous Substances</i>). - Tidak mengandung zat warna azo. 	<p>Verifikasi pernyataan tertulis pemohon tentang pemenuhan persyaratan prodegradant yang dilengkapi dengan pernyataan dari pemasok.</p> <p>Verifikasi pernyataan tertulis pemohon tentang jenis dan sifat bahan dilengkapi dengan pernyataan dari pemasok atau pengukuran dengan GC-MS atau metode pengujian lainnya yang divalidasi atau diverifikasi, yang dilakukan oleh laboratorium pengujian yang telah menerapkan ISO/IEC 17025 : 2008.</p>

© BSN 2010

2 dari 6

SNI 7188.7-2011

No	Aspek Lingkungan	Persyaratan	Metoda uji/verifikasi
	b. Campuran yang mengandung pati (<i>starch</i>) dan termoplastik.	- Tidak mengandung zat warna azo .	Verifikasi pernyataan tertulis pemohon tentang jenis dan sifat bahan dilengkapi dengan pernyataan dari pemasok atau pengukuran dengan GC-MS atau metode pengujian lainnya yang divalidasi atau diverifikasi, yang dilakukan oleh laboratorium pengujian yang telah menerapkan SNI ISO/IEC 17025 :2008.
2	Degradabilitas a. Termoplastik mengandung prodegradant b. Campuran yang mengandung pati (<i>starch</i>) dan termoplastik	- <i>Tensile Elongation (Elongation at break)</i> kurang dari 5% dicapai setelah mengalami perlakuan penyinaran sinar UV maksimal selama 250 jam. - Pertumbuhan mikroba pada permukaan produk > 60% selama 1 minggu.	Verifikasi pernyataan pemohon tentang pemenuhan persyaratan disertai laporan hasil pengujian menurut metode uji berikut ini: - ASTM D5208-09 - ASTM D3826-98 (2006) - ASTM G21-09 atau metode pengujian lainnya yang divalidasi atau diverifikasi, yang dilakukan oleh laboratorium pengujian yang telah menerapkan SNI ISO/IEC 17025:2008.
3	Kandungan logam berat	Kandungan logam berat dalam produk: Cd < 0,5 ppm Pb < 50 ppm Hg < 0,5 ppm Cr ^{VI} < 50 ppm	Verifikasi pernyataan pemohon tentang pemenuhan persyaratan disertai laporan hasil pengujian menurut metode uji: IEC-62321 Ed 1.0 2008 atau metode pengujian lainnya yang divalidasi atau diverifikasi, yang dilakukan oleh laboratorium pengujian yang telah menerapkan SNI ISO/IEC 17025 :2008.

"Hak Cipta Badan Standarisasi Nasional, Copy stand ar In 1 dibuat untuk keperluan di website dan tidak untuk di komersialkan"

5 Persyaratan umum

Tabel 2 Persyaratan umum

No	Aspek	Persyaratan	Metoda uji/verifikasi
1	Penaatan peraturan perundang-undangan pengelolaan lingkungan hidup	Produsen harus berkomitmen pada penaaatan peraturan perundang-undangan pengelolaan lingkungan yang relevan	Verifikasi pernyataan tertulis produsen tentang pemenuhan ketentuan peraturan perundang-undangan pengelolaan lingkungan hidup yang relevan melalui kajian dokumen dan atau verifikasi kepada Instansi pemerintah yang berwenang.
2	Sistem Manajemen Lingkungan	Produsen harus menerapkan Sistem Manajemen Lingkungan yang menjamin konsistensi pemenuhan persyaratan kriteria dan ambang batas sertifikasi ekolabel, pengendalian dampak lingkungan serta pemenuhan prasyarat penaaatan peraturan perundang-undangan pengelolaan lingkungan.	Verifikasi pernyataan produsen tentang penerapan sistem manajemen lingkungan dilengkapi dengan dokumen pendukung dan hasil verifikasi yang dilakukan oleh evaluator yang mengacu pada SNI 19-14001- 2005
3	Kualitas produk	Menerapkan sistem manajemen mutu.	Verifikasi pernyataan produsen tentang penerapan sistem manajemen mutu produk dilengkapi dengan dokumen hasil verifikasi yang dilakukan oleh evaluator yang mengacu pada SNI ISO 9001:2008.
4	Bahan kemasan	Kemasan tidak mengandung PVC (Polyvinyl chloride) atau PVDC (Polyvinyl dichloride).	Verifikasi pernyataan tertulis pemohon tentang pemenuhan persyaratan; atau Identifikasi dengan alat FTIR; atau metode pengujian lainnya yang telah divalidasi atau diverifikasi oleh laboratorium pengujian yang telah menerapkan SNI ISO/IEC 17025 :2008.

SNI 7188.7-2011

Bibliografi

Undang-undang 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah

PP RI No. 74 Tahun 2001 tentang Pengelolaan bahan berbahaya dan beracun.

PP RI Nomor 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun.


PP RI Nomor 85 tahun 1999 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 18 tahun 1999 tentang Pengelolaan limbah bahan berbahaya dan beracun.



© BSN 2010

6 dari 6

LAMPIRAN 2

	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
---	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0404/KB/2012
 Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Clay 1%

Tanggal Terima : 07-05-2012
 Tanggal Selesai : 25-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 12,75 - 12,50 - 13,95 - 12,83 - 13,71 - 12,56
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 30 - 26 - 24 - 28 - 24 - 30

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
 Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
25-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 3

	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
---	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0405/KB/2012

Tanggal Terima : 07-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Clay 3%

Tanggal Selesai : 25-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 15,45 - 15,45 - 15,08 - 14,52 - 13,37 - 14,91
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 26 - 23 - 24 - 24 - 26 - 28

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
25-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 4

	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
---	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0406/KB/2012

Tanggal Terima : 07-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Clay 6%

Tanggal Selesai : 25-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 18,96 - 21,65 - 21,60 - 23,89 - 20,00 - 19,34
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 13 - 13 - 13 - 14 - 12 - 12

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
25-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 5

 BBKK <small>BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN</small> CCP	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
--	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0407/KB/2012

Tanggal Terima : 07-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler Clay 9%

Tanggal Selesai : 25-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 38,53 - 32,05 - 47,24 - 47,62 - 33,02 - 42,86
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 5 - 6 - 5 - 4 - 7 - 4

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
 Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
25-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 6

 BBKK <small>BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN</small> CCP	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
--	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0389/KB/2012

Tanggal Terima : 04-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler ZnO 0%

Tanggal Selesai : 23-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 12,23 - 13,71 - 12,57 - 10,84 - 14,32 - 13,20
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 44 - 40 - 45 - 43 - 42 - 44

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
 Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
23-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 7

 BBKK <small>BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN</small> CCP	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
--	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0390/KB/2012

Tanggal Terima : 04-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler ZnO 3%

Tanggal Selesai : 23-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 50,29 - 59,74 - 57,41 - 39,43 - 41,56 - 46,36
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 12 - 12 - 14 - 9 - 10 - 11

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
 Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
23-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 8

	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
---	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0391/KB/2012

Tanggal Terima : 04-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler ZnO 6%

Tanggal Selesai : 23-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 47,41 - 57,40 - 45,59 - 58,82 - 65,14 - 60,00
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 9 - 8 - 7 - 10 - 10 - 9

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
23-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 9

	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
---	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0392/KB/2012

Tanggal Terima : 04-05-2012

Nama Contoh : Bioplastik dengan filler ZnO 9%

Tanggal Selesai : 23-05-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI


No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	Kuat Tarik	Baik	kgf/cm ²	ASTM D 882	- 61,43 - 62,56 - 64,67 - 68,61 - 63,98 - 63,87
2	Elongasi	Baik	%	ASTM D 882	- 5 - 5 - 7 - 5 - 6 - 8

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
23-05-2012

Paraf


LAMPIRAN 10

	LABORATORIUM UJI DAN KALIBRASI BALAI BESAR KIMIA DAN KEMASAN (LUK-BBKK)	No. Format : 5.10-01-03/rev.3
---	--	-------------------------------

NAMA LABORATORIUM : KEMASAN BAHAN DAN RITEL

Nomor Analisa : 0468/KB/2012
 Nama Contoh : Plastik Clay 6 %

Tanggal Terima : 01-06-2012
 Tanggal Selesai : 07-06-2012

KONSEP LAPORAN HASIL UJI

No	PARAMETER UJI	KONDISI CONTOH	SATUAN	STANDAR ACUAN	HASIL UJI
1	WVTR (Laju Transmisi Uap Air)	Baik	g/(m ² .jam)	ASTM E 96/96 M	7,6831 8,3399 7,8822 7,5238

Dibuat oleh : Ka.Lab. Kemasan Bahan & Ritel
 Diperiksa oleh : Manajer Teknik Kemasan/

Tanggal
08-06-2012

Paraf
