



**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* FORMULASI TAPIOKA,
TEPUNG BUNGKIL JARAK (*Jatropha curcas*) DAN CMC DENGAN
VARIASI WAKTU DAN KECEPATAN PENGADUKAN**

SKRIPSI

Oleh

**Muhammad Abduh Amiruddin
NIM 121710101093**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**



**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* FORMULASI TAPIOKA,
TEPUNG BUNGKIL JARAK (*Jatropha curcas*) DAN CMC DENGAN
VARIASI WAKTU DAN KECEPATAN PENGADUKAN**

SKRIPSI

Diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknologi Hasil Pertanian (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknologi Pertanian

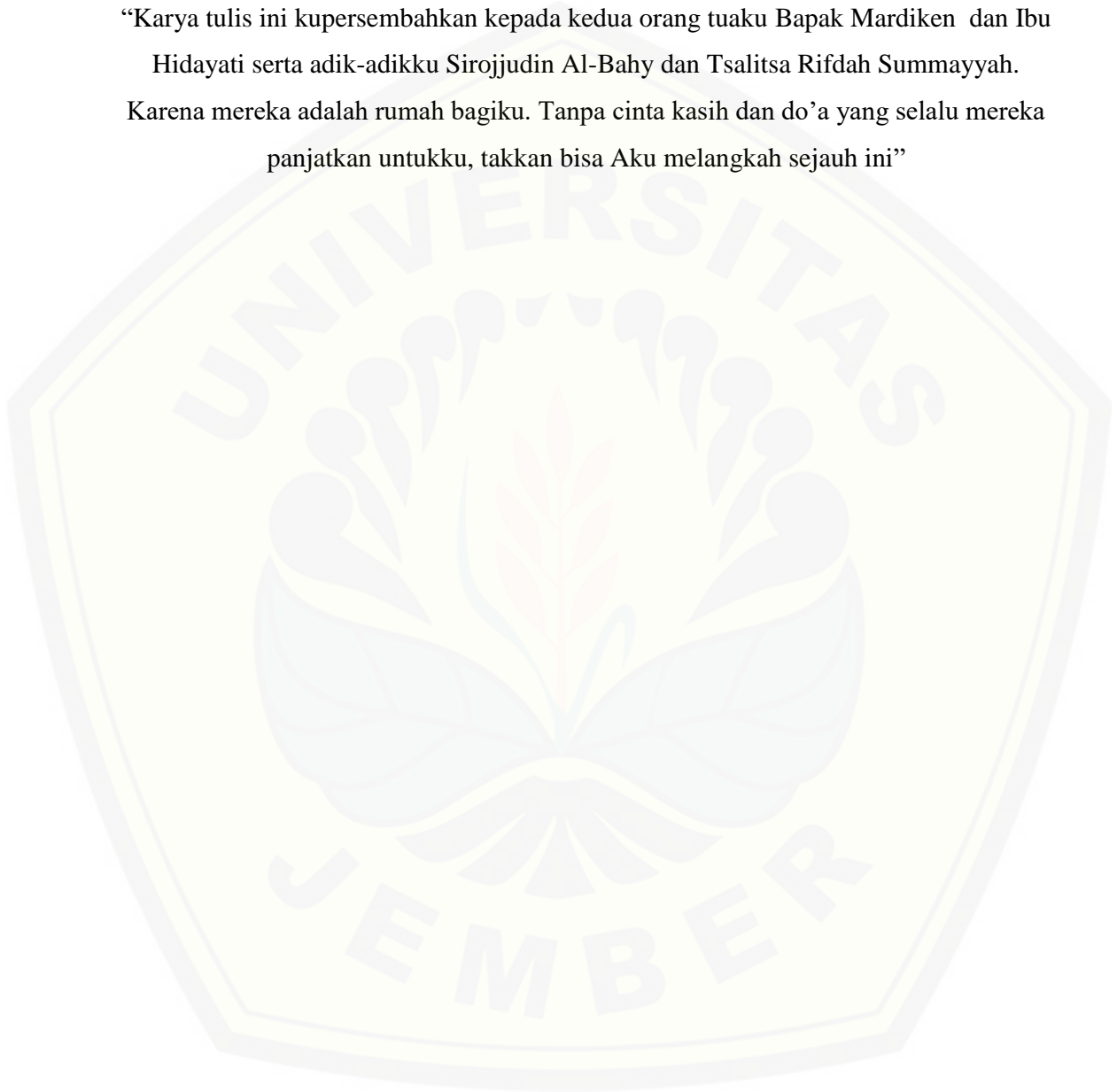
Oleh

**Muhammad Abduh Amiruddin
NIM 121710101093**

**JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2017**

PERSEMBAHAN

“Karya tulis ini kupersembahkan kepada kedua orang tuaku Bapak Mardiken dan Ibu Hidayati serta adik-adikku Sirojjudin Al-Bahy dan Tsalitsa Rifdah Summayyah. Karena mereka adalah rumah bagiku. Tanpa cinta kasih dan do’a yang selalu mereka panjatkan untukku, takkan bisa Aku melangkah sejauh ini”



MOTTO

“Iqra’(Bacalah)”

(Q.S Al-Alaq)

“Peso iku nek sering diungkal terus, suwe-suwe maleh landep”

(Mardiken)

“Ketika kamu mendahulukan urusan akhirat, Maka urusan dunia akan mengikuti”

(Hidayati)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Abduh Amiruddin

NIM : 121710101093

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Plastik *Biodegradable* Formulasi Tapioka, Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha curcas*) dan CMC dengan Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Adapun data yang terdapat di dalam tulisan ini dan hak publikasi adalah milik Laboratorium Teknologi Pengendalian dan Konservasi Lingkungan Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 16 Oktober 2017

Yang menyatakan,

Muhammad Abduh Amiruddin

NIM 121710101093

SKRIPSI

**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* FORMULASI
TAPIOKA, TEPUNG BUNGKIL JARAK (*Jatropha curcas*) DAN
CMC DENGAN VARIASI WAKTU DAN KECEPATAN
PENGADUKAN**

Oleh

Muhammad Abduh Amiruddin
NIM. 121710101093

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Triana Lindriati, S.T, MP.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. Noer Novijanto M.App. Sc.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pembuatan Plastik *Biodegradable* Formulasi Tapioka, Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha curcas*) dan CMC dengan Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal :

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama

Dosen Pembimbing Anggota

Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P.
NIP. 196808141998032001

Ir. Noer Novijanto M.App.Sc.
NIP 195911301985031004

Tim Penguji

Ketua

Anggota

Ir. Wiwik Siti Windrati M.P.
NIP. 195311211979032002

Riska Rian Fauziah S.Pt., M.P.
NIP. 198509272012122001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Jember

Dr.Siswoyo Soekarno S.TP., M.Eng.
NIP 196809231994031009

RINGKASAN

Pembuatan Plastik *Biodegradable* Formulasi Tapioka, Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha curcas*) dan CMC dengan Variasi Waktu dan Kecepatan Putar Pengadukan ; Muhammad Abduh Amiruddin, 121710101093; 2017: 42 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penguraian limbah plastik membutuhkan waktu yang lama untuk diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam tanah, menyebabkan limbah plastik semakin lama semakin menumpuk. Produksi limbah plastik di Indonesia menduduki peringkat kedua penghasil sampah domestik yaitu sebanyak 5,4 juta ton/tahun. Jumlah ini diperkirakan akan semakin meningkat seiring dengan kebutuhan dan daya beli masyarakat (Antara News, 2014). Plastik yang banyak digunakan oleh masyarakat dibuat dari bahan polimer yaitu *polyethylene*. *Polyethylene* ini berasal dari polimerisasi gas etana. Hasil polimerisasi ini tidak dapat diuraikan dengan sempurna oleh mikroorganisme. Salah satu cara untuk mengurangi limbah plastik ini dengan menggunakan plastik *biodegradable*.

Plastik *Biodegradable* merupakan plastik yang dibentuk dari bahan alami yang mengandung karbohidrat, protein dan dapat diperbaharui serta mudah terurai. Salah satu bahan yang mengandung protein dan karbohidrat yang tinggi yaitu bungkil jarak. Bungkil biji jarak masih mengandung protein 56,4 – 63,8%, lemak 1 – 1,5% dan pati 19,1% (% bk) sehingga memungkinkan untuk dikembangkan menjadi plastik *biodegradable*. Proses pembuatan plastik *biodegradable* yang baik diperlukan adonan yang homogen dan stabil. Salah satu proses yang digunakan untuk menghasilkan adonan yang homogen adalah dengan pengadukan. Pengadukan memiliki beberapa kelebihan diantaranya: pencampuran lebih intensif dan lebih hemat energi, serta memperkecil kemungkinan masuknya gelembung udara pada adonan. Lama pengadukan dan kecepatan putar juga akan mempengaruhi sifat-sifat adonan yang dihasilkan. Hasil Penelitian terdahulu (Meila, 2017) menunjukkan pembuatan plastik *biodegradable* yakni 75% tapioka, 20% tepung bungkil jarak, dan 5% CMC. Perlakuan

pengadukan untuk menghasilkan karakter film yang baik belum pernah dilakukan, Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh waktu dan kecepatan putar pengadukan terhadap karakteristik plastik *biodegradable* serta menentukan perlakuan terbaik

Pelaksanaan penelitian terdiri dari dua tahap yaitu pembuatan tepung bungkil jarak dan pembuatan plastik *biodegradable* formulasi tapioka, tepung bungkil jarak dan CMC. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimental dengan dua faktor yaitu waktu pengadukan (10, 15, 20 menit) dan kecepatan putar pengadukan (200, 500, 800 rpm). Perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali.

Berdasarkan hasil penelitian perlakuan pengadukan mempengaruhi kadar abu, ketebalan dan kelarutan plastik yang dihasilkan. Perlakuan terbaik dari seluruh sampel plastik *biodegradable* formula tapioka, tepung bungkil jarak dan CMC terdapat pada perlakuan 15 menit waktu pengadukan dengan kecepatan 800 rpm. Dengan karakteristik plastik (ketebalan: 0,15 mm; kuat tarik: 19,05 Mpa; elongasi: 19,4%; kadar air: 12,67%; kadar abu: 1,7%; kelarutan: 63,81%), warna (*lightness*: 83,84; *chroma*: 43,44)

SUMMARY

Making Plastics Biodegradable Formulation Tapioca , Flour Bungkil Distance (jatropha curcas) CMC and Variation In Time and Speed Play Stirring; Muhammad Abduh Amiruddin , 121710101093; 2017: ; 42 pages of agricultural technology jember university faculty of agricultural technology.

The decipherment of plastic waste need a long time when you outlined by a microorganism that there is in the ground , to cause to waste plastic more and more piled up .The production of plastic waste in indonesia ranked in second place producer domestic waste that is as many as 5.4 million tons per year .This number is expected to increasingly up along with the needs and purchasing power of the community (A news , 2014) .Plastic much used by the community made of polimer namely polyethylene .Polyethylene it is a native of gas polymerization of ethane .The results of this polymerization non-degradable perfectly by microorganisms .One way to reduce plastic waste using biodegradable plastic .

Plastic biodegradable is plastic formed from natural materials containing carbohydrates , protein and can be renewed and easy straggling .One of the containing proteins and carbohydrates that high namely bungkil distance .Bungkil castor beans still contains protein 56,4-63,8 % , fat 1-1.5 % and starch 19.1 % (% bk) allowing to be developed into plastic biodegradable .Process of making plastic biodegradable good required a batter who homogeneous and stable .One of the used to produce a batter who homogeneous is by stirring .Stirring having some of the more of them: mixing more intensive and more efficient in energy , and reduced the possibility of the entry of air bubbles in batter .Long stirring and speed turn will also affect of the nature of the nature of a batter who produced. The results of research previous (Meila, 2017) featured making plastics biodegradable including 75 % tapioca , 20 % flour bungkil the distance , and 5 % cmc .Stirring treatment to produce movie character that well yet has never been done , hence research needs to be done .The purpose of this research to find out

the influence of time and the speed of rotary stirring against characteristic of biodegradable plastic as well as to determine the best treatment

The research phase consists of two phases that is making flour bungkil distance and making plastics biodegradable formulation tapioca, flour bungkil distance and cmc. Research conducted is research experimental with two factors that is time stirring (10, 15, 20 minutes and speed turn stirring (200, 500, 800 rpm). Treatment dilakukan repetition as much as two times.

Based on the research done treatment stirring affect the ashes , thickness and the solubility of plastic produced . Treatment best of the total sample plastic biodegradable formula tapioca , flour bungkil distance and cmc found in treatment 15 minutes stirring with speed 800 rpm . To those of a plastic (thickness: by 0.15 mm; strong pull: 19,05 mpa; elongation: 19.4 %; the water level: 12,67 %; the ashes: 1.7 %; solubility: 63,81 %) , colors (lightness: 83,84; chroma: 43,44)

PRAKATA

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah tertulis yang berjudul “Pembuatan Plastik *Biodegradable* Formulasi Tapioka, Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha curcas*) dan CMC dengan Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak yang telah bersedia meluangkan waktu, arahan dan dukungannya. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Siswoyo Soekarno, S.TP., M.Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember atas segala inspirasi yang diberikan untuk kampus tercinta;
2. Ir. Giyanto, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian; Universitas Jember;
3. Dr. Triana Lindriati, S.T., M.P. selaku Dosen Pembimbing Utama (DPU) yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberikan perhatian, nasehat dan arahan dalam penyusunan skripsi ini;
4. Ir. Noer Novijanto, M.App. Sc. selaku Dosen Pembimbing Anggota (DPA) yang telah memberikan banyak arahan, semangat dan motivasi sehingga karya tulis ilmiah ini bisa terselesaikan dengan baik;
5. Ir. Wiwik Siti Windrati M.P. dan Riska Rian Fauziah S.Pt., M.P. selaku dosen penguji. Terima kasih atas masukan dan kesediaan sebagai penguji;
6. Kedua orang tuaku Ayah Mardiken dan Ibu Hidayati yang senantiasa memberi kasih sayang dan do’a kepadaku serta kedua adikku Sirojjudin Al-Bahy dan Tsalitsa Rifdah Summayyah yang selalu menjadi motivasi dan alasan untuk berjuang

7. Almamater TK Aisyiyah 1 Bancar, SD Muhammadiyah 1 Bancar, SMP Muhammadiyah 3 Bancar, SMA Muhammadiyah 1 Babat dan Universitas Jember
8. Segenap Dosen dan Staf Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember yang memberikan dukungan sarana dan prasarana dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan skripsi;
9. Keluarga besar kesenian UKMK Dolanan yang telah memberikan pengalaman berproses dan mengajari banyak hal tentang berbagi;
10. Teman-teman seperjuangan kelas THP B 2012, KKN 16 Pujer, Kosan As – Shofwah, Anak-anak Pemuda Teki, Komunitas Jonggring saloko, Sanggar Taker, terima kasih atas waktunya untuk berbagi kopi dan obrolan obrolan yang telah memberikan banyak pengalaman, dukungan dan rasa kebersamaan;
11. Partner penelitianku Rima, seluruh teknisi laboratorium yang telah memberikan bantuan, dukungan, dan kerjasamanya hingga penelitian ini selesai;
12. Orang-orang yang menyokongku dalam perjalanan menempuh skripsi (Cuyu, Sokle, Selang, Alis, Mawut, Wader, Mas Rahman, Figos, Oby', Radik, Farid, Fajar, Nirmala, Mila dan Anis) yang selalu memberikan perhatian, motivasi, rasa kebersamaan, kasih sayang, selalu menemani dan membantu dalam penulisan karya tulis ilmiah ini;
13. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa di dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Saran dan kritik sangat penulis harapkan demi kesempurnaan karya tulis ilmiah ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jember, 17 Oktober 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN COVER	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN.....	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN.....	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Plastik <i>Biodegradable</i>	4
2.2 Bahan Penyusun Plastik <i>Biodegradable</i>.....	6
2.2.1 Bungkil Biji Jarak Pagar	6
2.2.2 Tapioka.....	10
2.2.3 CMC (<i>Carboxy Methyl Cellulose</i>)	11
2.2.4 Air.....	12
2.2.5 Gliserol	12
2.3 Metode <i>Solvent Casting</i>	13

2.4 Perubahan Selama Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	14
2.5 Sifat Fisik dan Kimia Plastik <i>Biodegradable</i>	15
BAB 3. METODE PENELITIAN	17
3.1 Bahan dan Alat Penelitian	17
3.1.1 Bahan.....	17
3.1.2 Alat.....	17
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.3.1 Pelaksanaan Penelitian	17
3.3.1.1 Proses Pembuatan Tepung Bungkil Jarak	17
3.3.1.2 Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	18
3.3.2 Rancangan Penelitian	18
3.3.3 Parameter Pengamatan	19
3.4 Prosedur Analisa	19
3.4.1 Kekuatan Tarik.....	19
3.4.2 Ketebalan.....	20
3.4.3 Elastisitas Film Atau Persen Elongasi.....	20
3.4.4 Kelarutan Film.....	20
3.4.5 Warna	21
3.4.6 Kadar Air.....	21
3.4.7 Kadar Abu	22
3.4.8 Efektivitas (Penentuan Perlakuan Terbaik).....	22
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1 Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	26
4.2 Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>	27
4.3 Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	29
4.4 Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>	31
4.5 Persen Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>	33
4.6 Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>	34

4.7 Warna Plastik <i>Biodegradable</i>	36
4.7.1 <i>Lightness</i>	36
4.7.2 <i>Chroma</i>	37
4.8 Uji Efektivitas	38
BAB 5. PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buah/Biji Pohon Jarak Pagar Tanaman	7
Gambar 2.2 Struktur Amilosa dan Amilopektin	8
Gambar 2.3 Struktur Molekul Gliserol	10
Gambar 3.1 Diagram Alir Pembuatan Tepung Bungkil Biji Jarak	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	23
Gambar 4.1 Diagram Hasil Pengukuran Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	24
Gambar 4.2 Diagram Hasil Pengukuran Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>	25
Gambar 4.3 Grafik Pengaruh Waktu dan Kecepatan Putar Pengadukan terhadap Kadar Abu	26
Gambar 4.4 Diagram Hasil Pengukuran Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	27
Gambar 4.5 Grafik Pengaruh Waktu dan Kecepatan Putar Pengadukan terhadap Ketebalan	28
Gambar 4.6 Diagram Hasil Pengukuran Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>	30
Gambar 4.7 Diagram Hasil Pengukuran %Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>	31
Gambar 4.8 Diagram Hasil Pengukuran Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>	32
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Kelarutan.....	33
Gambar 4.10 Diagram Pengukuran <i>Lightness</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	34
Gambar 4.11 Diagram Pengukuran <i>Chroma</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	35
Gambar 4.12 Diagram Hasil Uji Efektivitas.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komposisi Kimia pada Biji Jarak Pagar dan Bungkil Jarak	7
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Tapioka	9



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Analisis Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	41
A.1 Tabel Hasil Pengukuran Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	41
A.2 Tabel Dua Arah Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	41
A.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	41
Lampiran B. Data Hasil Analisis Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>.....	42
B.1 Tabel Hasil Pengukuran Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>	42
B.2 Tabel Dua Arah Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>	42
B.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	42
B.4 Uji Tukey Minitab 1.7	43
Lampiran C. Data Hasil Analisis Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	44
C.1 Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	44
C.2 Tabel Dua Arah Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	44
C.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	44
C.4 Uji Tukey Minitab 1.7	45
Lampiran D. Data Hasil Analisis Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>.....	46
D.1 Tabel Hasil Pengukuran Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>	46
D.2 Tabel Dua Arah Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>	46
D.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	46
Lampiran E. Data Hasil Analisis Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>.....	47
E.1 Tabel Hasil Pengukuran Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>	47
E.2 Tabel Dua Arah Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>	47
E.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	47
Lampiran F. Data Hasil Analisis Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>.....	48
F.1 Tabel Hasil Pengukuran Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>	48
F.2 Tabel Dua Arah Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>	48
F.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	48
F.4 Uji Tukey Minitab 1.7	49

Lampiran G. Data Hasil Analisis Warna (<i>Lightness</i>) Plastik <i>Biodegradable</i>	50
.....	
G.1 Tabel Hasil Pengukuran <i>Lightness</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	50
G.2 Tabel Dua Arah <i>Lightness</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	50
G.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	50
Lampiran H. Data Hasil Analisis Warna (<i>Chroma</i>) Plastik <i>Biodegradable</i>	51
.....	
H.1 Tabel Hasil Pengukuran <i>Chroma</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	51
H.2 Tabel Dua Arah <i>Chroma</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	51
H.3 Tabel Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7	51
Lampiran I. Data Hasil Uji Efektivitas Plastik <i>Biodegradable</i>	52
I.1 Tabel Hasil Uji Efektivitas Plastik <i>Biodegradable</i>	52
I.2 Diagram Uji Efektivitas Plastik <i>Biodegradable</i>	53
Lampiran I. Dokumentasi Penelitian	54

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penguraian limbah plastik membutuhkan waktu yang lama untuk diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalam tanah, menyebabkan limbah plastik semakin lama semakin menumpuk. Produksi limbah plastik di Indonesia menduduki peringkat kedua penghasil sampah domestik yaitu sebanyak 5,4 juta ton/tahun. Jumlah ini diperkirakan akan semakin meningkat seiring dengan kebutuhan dan daya beli masyarakat (Antara News, 2014). Plastik yang banyak digunakan oleh masyarakat dibuat dari bahan polimer yaitu *polyethylene*. *Polyethylene* ini berasal dari polimerisasi gas etana. Hasil polimerisasi ini tidak dapat diuraikan dengan sempurna oleh mikroorganisme. Akibat dari lamanya waktu penguraian yang dibutuhkan, mendorong masyarakat untuk menemukan solusinya. Salah satu cara untuk mengurangi limbah plastik ini dengan menggunakan plastik *biodegradable*.

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Pranamuda, 2013). Plastik ini dibentuk dari bahan alami yang dapat diperbaharui serta mudah terurai (Selke, 2012). Plastik *biodegradable* berfungsi sebagai *barrier* terhadap transfer massa (misal kelembaban, oksigen, lipid, dan zat terlarut) dan sebagai pembawa bahan aditif yang berfungsi mempertahankan kualitas.

Plastik *Biodegradable* dapat dibuat dari bahan alami yang mengandung karbohidrat dan protein yang tinggi. Salah satu bahan yang mengandung protein dan karbohidrat yang tinggi yaitu bungkil jarak. Bungkil Jarak merupakan limbah pengepresan dalam pembuatan bahan bakar alternatif (biodiesel). Menurut Trabi (1977) bungkil biji jarak masih mengandung protein 56,4 – 63,8%, lemak 1 – 1,5% dan pati 19,1% (% bk) sehingga memungkinkan untuk dikembangkan menjadi bahan dasar berbagai macam produk berbasis bungkil biji jarak, salah satunya

adalah bahan plastik *biodegradable*. Selain itu bungkil biji jarak dapat diolah menjadi beberapa produk, antara lain; pupuk dan biobriket (Wina, 2008)

Kemudian bahan alami lain yang sering digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah pati tapioka. Pati tapioka relatif mudah diperoleh serta harganya murah. Pada penelitian sebelumnya berbahan dasar pati tapioka memiliki nilai kekuatan tarik 0,62 Mpa, persen pemanjangan 72,9%, ketebalan film 0,120 mm, dan densitas $0,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (Harris, 2015).

Proses pembuatan plastik *biodegradable* yang baik diperlukan adonan yang homogen dan stabil. Salah satu proses yang digunakan untuk menghasilkan adonan yang homogen adalah dengan pengadukan. Pengadukan memiliki beberapa kelebihan diantaranya: pencampuran lebih intensif dan lebih hemat energi, serta memperkecil kemungkinan masuknya gelembung udara pada adonan. Lama pengadukan dan kecepatan putar juga akan mempengaruhi sifat-sifat adonan yang dihasilkan. Hasil Penelitian terdahulu (Meila, 2017) menunjukkan pembuatan plastik *biodegradable* yakni 75% tapioka, 20% tepung bungkil jarak, dan 5% CMC. Perlakuan pengadukan untuk menghasilkan karakter film yang baik belum pernah dilakukan, Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian.

1.2 Rumusan Masalah

Limbah minyak jarak berupa bungkil perlu dimanfaatkan karena masih memiliki kandungan protein dan karbohidrat yang tinggi. Salah satu pemanfaatan limbah ini adalah dengan mengolah menjadi plastik *biodegradable*. Pada pembuatan plastik *biodegradable* proses pengadukan sangat diperlukan untuk membuat adonan yang homogen serta untuk mengoptimalkan karakteristik plastik yang dihasilkan. Proses pengadukan dipengaruhi oleh lama pengadukan dan kecepatan pengadukan adonan. Namun bagaimana pengaruh lama pengadukan dan kecepatan putar pengadukan adonan terhadap karakteristik plastik yang terbuat dari campuran tepung bungkil biji jarak, tapioka dan CMC yang belum diketahui, dan masih perlu diteliti.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun beberapa tujuan penelitian ini dilakukan adalah :

1. Mengetahui pengaruh lama waktu pengadukan terhadap karakteristik plastik *biodegradable* dari tepung bungkil biji jarak, tapioka dan CMC yang dihasilkan
2. Mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan terhadap karakteristik plastik *biodegradable* dari tepung bungkil biji jarak, tapioka dan CMC yang dihasilkan.
3. Menentukan lama waktu pengadukan dan kecepatan putar pengadukan yang tepat hingga dihasilkan adonan plastik *biodegradable* dari tepung biji jarak, tapioka dan CMC yang baik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Meningkatkan nilai ekonomi bungkil biji jarak pagar.
2. Mengurangi pencemaran limbah plastik.
3. Mendukung program pemerintah mengenai penggunaan energi alternatif

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik *Biodegradable*

Plastik adalah polimer rantai panjang dari atom yang mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik, namun ada beberapa polimer alami yang termasuk plastik. Plastik terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terbentuk dengan menggunakan zat lain untuk menghasilkan plastik yang ekonomis (Azizah, 2009).

Plastik merupakan suatu komoditi yang sering digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan atau produk yang digunakan terbuat dari plastik dan sering digunakan sebagai pengemas bahan baku. Namun pada kenyataannya, sampah plastik menjadi masalah lingkungan karena plastik membutuhkan waktu yang cukup lama untuk mengalami proses daur ulang. Plastik memiliki beberapa keunggulan seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, tahan air serta ekonomis (Darni, 2005).

Biodegradable dapat diartikan dari tiga kata yaitu bio yang berarti makhluk hidup, degra yang berarti terurai dan able berarti dapat, jadi plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme. Plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan. Kelebihan plastik *biodegradable* antara lain tidak mudah ditembus uap air sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan pengemas (Mahalik, 2009).

Menurut Griffin, 1994 plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya karena pengaruh mikroorganisme (bakteri, jamur, alga). Menurut Seal (1994), kemasan plastik *biodegradable* adalah suatu material polimer yang merubah pada senyawa yang berat molekul rendah dimana paling sedikit satu tahap pada proses degradasinya melalui metabolisme organisme secara alami.

Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati/amilum dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-

monomernya. Senyawa-senyawa hasil degradasi polimer selain menghasilkan karbon dioksida dan air, juga menghasilkan senyawa organik lain yaitu asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Sebagai perbandingan, plastik tradisional membutuhkan waktu sekitar 50 tahun agar dapat terdekomposisi alam, sementara plastik *biodegradable* dapat terdekomposisi 10 hingga 20 kali lebih cepat. Plastik *biodegradable* yang terbakar tidak menghasilkan senyawa kimia berbahaya. Kualitas tanah akan meningkat dengan adanya plastik *biodegradable*, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah.

Berdasarkan bahan baku yang dipakai, plastik *biodegradable* menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia (*non-renewable resources*) dengan bahan aditif dari senyawa bio-aktif yang bersifat *biodegradable*, dan kelompok kedua adalah dengan keseluruhan bahan baku dari sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti dari bahan tanaman pati dan selulosa serta hewan seperti cangkang atau dari mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mengakumulasi plastik yang berasal dari sumber tertentu seperti lumpur aktif atau limbah cair yang kaya akan bahan-bahan organik sebagai sumber makanan bagi mikroorganisme tersebut (Adam dan Clark, 2009).

Dalam pembuatan plastik *biodegradable* ada beberapa faktor yang harus diperhatikan seperti:

1. Temperatur

Perlakuan suhu diperlukan untuk membentuk plastik *biodegradable* yang utuh tanpa adanya perlakuan panas kemungkinan terjadinya interaksi molekul sangatlah kecil sehingga pada saat plastik dikeringkan akan menjadi retak dan berubah menjadi potongan-potongan kecil. Perlakuan panas diperlukan untuk membuat plastik tergelatinisasi, sehingga terbentuk pasta pati yang merupakan bentuk awal dari plastik. Kisaran suhu gelatinisasi pati rata-rata 64,5°C-70°C (Mc Hugh dan Krochta, 1994).

2. Konsentrasi Polimer

Konsentrasi pati ini sangat berpengaruh terutama pada sifat fisik plastik yang dihasilkan dan juga menentukan sifat pasta yang dihasilkan. Menurut Krochta dan

Johnson (1997), semakin besar konsentrasi pati maka jumlah polimer penyusun matrik plastik semakin besar sehingga dihasilkan plastik yang tebal.

3. *Plasticizer*

Plasticizer ini merupakan bahan *nonvolatile* yang ditambah kedalam formula plastik akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik plastik yang terbentuk karena akan mengurangi sifat intermolekul dan menurunkan ikatan hidrogen internal. *Plasticizer* mempunyai titik didih tinggi dan penambahan *plasticizer* diperlukan untuk mengatasi sifat rapuh plastik yang disebabkan oleh kekuatan intermolekul ekstensif (Gotard, 1993). Menurut Krochta dan Jonhson (1997), *plasticizer polyol* yang sering digunakan yakni gliserol dan sorbitol.

2.2 Bahan Penyusun Plastik *Biodegradable*

Bahan yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* ini adalah : tapioka, tepung bungkil jarak, CMC, air, dan gliserol sebagai *plastisizer*.

2.2.1. Bungkil Biji Jarak

Tanaman jarak pagar tumbuh di dataran rendah sampai ketinggian sekitar 500 m di atas permukaan laut (dpl). Tanaman ini dapat tumbuh pada curah hujan 300-2.380 mm/tahun dengan curah hujan optimum 625 mm/tahun. Tanaman jarak pagar dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, antara lain di tanah berbatu, tanah berpasir, tanah liat, bahkan di tanah yang kurang subur. Tanah gembur sangat disukai tanaman jarak pagar sehingga pertumbuhannya kurang baik jika ditanam di tanah yang padat (Syah, 2006). Kondisi pH tanah yang sesuai untuk tanaman jarak pagar adalah 5,0-6,5 (Handi, 2005).

Jarak pagar berupa pohon kecil atau perdu, umurnya dapat mencapai 50 tahun, tinggi tanaman 1,5 – 5 meter. Jarak pagar tumbuh pada kondisi lingkungannya sesuai, dengan curah hujan 300 –700 mm/tahun (Bramasto, 2003), meskipun demikian, jarak pagar tahan hidup didaerah sangat kering dengan curah hujan 48-200 mm/tahun. Jarak pagar dapat tumbuh pada daerah ketinggian 0 – 800 m diatas permukaan laut, dengan suhu rata-rata 20 °C – 35°C PH tanah yang sesuai untuk tanaman ini adalah 5,0 – 6,2 (Hamdi, 2005). Jarak pagar dapat digunakan sebagai penahan erosi tanah oleh air dan deflasi pasir di bukit pasir (wind barrier).

Produksi biji sangat beragam, mulai dari 0,4 ton/ha/tahun sampai lebih dari 12,5 ton/ha/tahun. Faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas antara lain varietas, umur tanaman, pengairan, iklim dan tanah.



Gambar 2.1 Buah/Biji Pohon Jarak Pagar Tanaman

Jarak pagar mudah dibudidayakan dan dapat tumbuh dengan cepat. Kandungan minyak pada jarak pagar sebanyak 25 % – 35 % pada bijinya dan 50% – 60% pada dagingnya. Menurut Padua (2011), kandungan tertinggi pada biji jarak adalah minyak jarak, pemisahan minyak dari biji jarak menghasilkan bahan sisa (by product) berupa ampas/bungkil. Bungkil biji jarak masih mengandung protein 56,4 – 63,8 %, lemak 1-1,5% dan pati 19,1% (%bk). Sehingga memungkinkan untuk dikembangkan menjadi bahan dasar berbagai macam produk. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan pemanfaatan bungkil biji jarak pagar, diantaranya untuk pupuk dan pakan ternak (Trabi, 1977). Arbiantara (2008), telah mengembangkan bungkil biji jarak pagar sebagai bahan plastik *biodegradable*. Komposisi kimia biji jarak pagar dijelaskan pada **Tabel 2.1** berikut ini.

Tabel 2.1 Komposisi Kimia pada Biji Jarak Pagar dan Bungkil Jarak

Kandungan Zat	Komposisi Bungkil jarak (dalam %)
Air	7,11
Protein	56,4
Lemak	1,5
karbohidrat	19,1
Serat	15,5
Abu	5,3

Sumber: Umam, 2007

Bungkil biji jarak terdapat beberapa antinutrisi yang dapat menghambat penggunaannya. Kandungan antinutrisi pada bungkil biji jarak meliputi

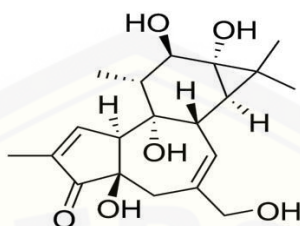
phorbolester, *polyfenol*, *tanin*, *phytat*, *saponin*, *anti trypsin* dan *curcin* atau *lectin* (Makkar *et al.*, 1998). Namun, senyawa racun utama yang diduga paling banyak terdapat pada jarak pagar adalah *phorbolester* dan *curcin*. Racun tersebut harus dihilangkan melalui proses detoksifikasi (Imy2006). Setelah melalui proses detoksifikasi, kandungan protein bungkil biji jarak dapat melebihi kandungan protein pada kedelai (Alamsyah, 2006).

Phorbolester

Phorbolester merupakan senyawa organik dari tumbuhan yang merupakan anggota diterpenes (kelas dari hidrokarbon). *Phorbolester* disebut juga dengan diterpene ester (Wikipedia, 2017). *Diacylglycerol* merupakan molekul *second messenger* yang terletak di dekat membran plasma dan dibentuk oleh enzim fosfolipase-C (PLC). Menurut Asaoka *et al.* (1992), *phorbolester* diketahui dapat mengaktivasi protein kinase C (PKC) yang meniru aktivitas *diacylglycerol* (DAG). Protein kinase C (PKC) merupakan enzim kinase yang memodifikasi protein lain dengan menambahkan fosfat secara kimiawi. Enzim ini mempunyai efek yang sangat nyata terhadap aktivitas sel (Wikipedia, 2017). *Phorbolester* dapat meningkatkan afinitas PKC Ca^{2+} secara dramatis dan karena *phorbolester* bersifat stabil dan tidak terdegradasi secara cepat setelah menstimulasi proliferasi dan diferensiasi sel yang tidak terkontrol (Asaoka *et al.*, 1992).

Menurut Makkar dan Becker (1997), *phorbolester* stabil terhadap panas dan dapat bertahan pada roasting temperature (temperature pemanggangan) hingga 160°C selama 30 menit, akan tetapi konsentrasi *phorbolester* dapat diturunkan dengan perlakuan kimiawi (pengolahan dengan NaOH dan NaOCl). Berbagai ester dari *phorbol* memiliki sifat biologis yang penting, yang paling dikenal yaitu kemampuannya sebagai pemacu tumor melalui pengaktifan proteinkinase C (PKC). Bentuk *phorboleste* menyerupai *diacylglycerols*, derivat glycerol yang terdiri atas dua kelompok hidroksil dapat bereaksi dengan asam lemak untuk membentuk ester. *Phorbolester* yang umum dikenal adalah 12-*O-tetradecanoylphorbol-13-acetate* (TPA), juga disebut *phorbol-12-myristate-13-acetate* (PMA), yang digunakan

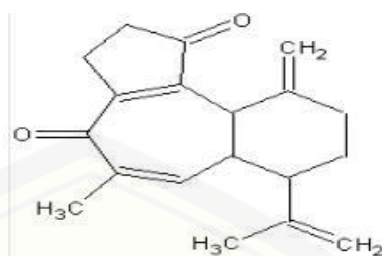
sebagai alat penelitian *biomedical* dalam model *carcinogenesis* (Wikipedia, 2017). Struktur kimia *phorbol ester* dapat dilihat pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1. Struktur kimia *phorbol ester*

Curcin

Curcin atau *lectin* merupakan fitotoksin (racun yang terdapat pada tumbuhan) yang memiliki molekul protein besar, kompleks, dan sangat beracun. Menurut Wikipedia (2006), *curcin* atau *lectin* merupakan suatu tipe reseptor protein yang secara spesifik berinteraksi dengan molekul gula (karbohidrat) tanpa memodifikasi molekul gula tersebut. *Curcin* atau *lectin* dapat berfungsi sebagai pengikat (binding) dari *glycoprotein* (biomolekul yang merupakan gabungan dari protein dan karbohidrat) pada permukaan sel. Mekanisme dari *curcin* atau *lectin* ini berhubungan dengan aktivitas *N-glycosidase* yang kemudian dapat mempengaruhi metabolisme. *N-glycosidase* merupakan enzim *glycosidase* yang berfungsi sebagai pengatur kenormalan sel, antibakteri dan mendegradasi selulosa dari hemiselulosa. Selain itu, *curcin* atau *lectin* memiliki alat inhibitor yang kuat terhadap sintesa protein (Linetal., 2003). *Curcin* atau *lectin* dapat dinaktifkan dengan menggunakan *moist heat treatment* (perlakuan pemanasan basah) pada suhu 121°C selama 30 menit (Aregheoret al., 1998). Struktur kimia *Curcin* dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.

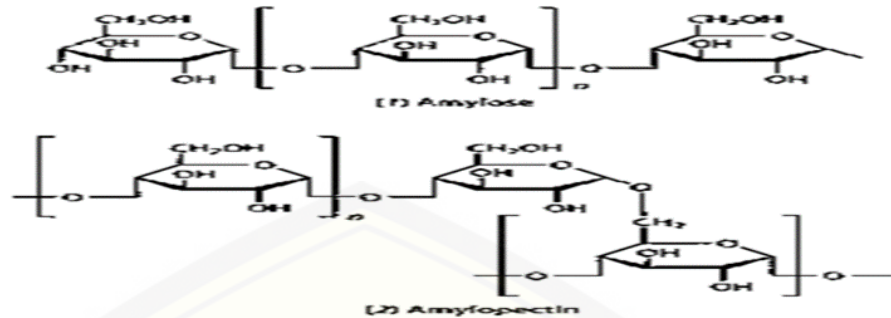


Gambar 2.2. Struktur kimia Curci

2.2.2. Tapioka

Tapioka merupakan pati yang diperoleh dari ubi kayu setelah melalui proses pengupasan, pencucian, penghancuran/ekstraksi, pengendapan dan pengeringan. Tapioka dalam industri makanan selain digunakan sebagai sumber karbohidrat juga sebagai bahan tambahan yang berfungsi sebagai pengental, bahan pengisi dan penstabil makanan (Radiyah dan Augusto, 1990). Pati banyak digunakan sebagai bahan dasar berbagai produk makanan karena harganya murah dan sumber daya yang dapat diperbaharui.

Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak larut disebut amilopektin. Amilosa memiliki berat molekul 250.000 dengan tingkat polimerisasi 10^3 , strukturnya lurus yang terdiri dari 70-350 unit glukosa dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa, rantai lurusnya cenderung membentuk susunan paralel satu sama lain dan berikatan melalui ikatan hidrogen, sedangkan amilopektin memiliki berat molekul 1.000.000 dengan tingkat polimerisasi 10^4 - 10^5 , terdiri dari 100.000 unit glukosa dengan ikatan α -(1,4)-D-glukosa dan cabangnya α -(1,6)-D-glukosa sebanyak 4-5% dari berat total (Winarno, 1997). Struktur amilosa dan amilopektin ditunjukkan pada **Gambar 2.2**



Gambar 2.2 Struktur Amilosa (1) dan Amilopektin (2)

Tapioka memiliki kandungan pati yang tinggi yaitu 85-87% dengan rasio amilosa 17-20% dan amilopektin 80-83%, bersifat sangat jernih sehingga mampu meningkatkan penampilan, memiliki daya pemekatan yang tinggi sehingga kebutuhan pemakaian relatif sedikit dan suhu gelatinisasinya rendah yaitu sekitar 64,5°C, waktu gelatinisasi 23 menit dan viskositas puncak 1270 bu (Brabender Unit) (Winarno, 1997). Adapun Komposisi tapioka per 100 gram bahan secara rinci ditunjukkan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2. Komposisi Kimia Tapioka

Komposisi	Kadar
Kalori	164 kal
Air	62,50 gram
Fosfor	40 mg
Karbohidrat	34 gram
Kalium	33 mg
Vitamin C	30 mg
Vitamin B1	0,06 mg
Protein	1,2 gram
Besi	0,7 mg
Lemak	0,3 mg

Sumber: Radiyati, T. Dan Augusto W (1990)

2.2.3. CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*)

CMC adalah suatu turunan selulosa yang mudah larut dalam air dengan derajat kemurnian 99,5% dan merupakan suatu rantai polimer *anionic*. Kelarutan CMC dipengaruhi oleh konsentrasi, suhu, pH dan adanya garam. CMC yang digunakan sebaiknya dalam konsentrasi rendah karena jika konsentrasi tinggi CMC

tidak lagi terdispersi didalam larutan namun membentuk gumpalan-gumpalan yang mengapung dipermukaan yang disebabkan molekul air sudah terikat semua. Semakin tinggi suhu yang digunakan kelarutan CMC semakin besar (Winarno, 1997).

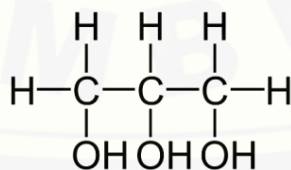
CMC merupakan senyawa yang banyak digunakan untuk menstabilkan suatu sistem dispersi didalam pengolahan makanan maupun minuman, memperbaiki ketahanan terhadap air dan meningkatkan daya serap air (Anggraini, 1999).

2.2.4. Air

Dalam pengolahan pangan air berperan sebagai pelarut dari beberapa komponen, sebagai bahan pereaksi, sebagai media reaksi yang menstabilkan pembentuk biopolimer dan sebagai bahan yang dapat mendispersi berbagai senyawa yang ada dalam bahan makanan. Air merupakan pelarut yang baik bagi larutan. Larutan dalam air dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu ionik dan molekuler (purnomo, 2008). Molekul air berpengaruh terhadap sifat film, misalnya sebagai *plasticizer* universal dan pembengkakan (swelling) (Chang, 2013).

2.2.5. Gliserol

Gliserol merupakan gula alkohol yang memiliki tiga gugus hidroksil dalam satu molekul. Zat ini mudah larut dalam air dan tidak larut dalam pelarut nonpolar, karena itu gliserol bersifat higroskopis (Setiadji, 1998). Struktur kimia gliserol adalah $C_3H_8O_3$ dengan nama kimia 1,2,3-propanatriol. Gliserol memiliki berat molekul 92,10 g/mol, massa jenis 1,23 g/cm³, titik didihnya 204°C dan berbentuk cair. Tidak berbau, tidak berwarna, higroskopis, dan larut dalam air serta alkohol (Kumalasari, 2015). Struktur molekul gliserol dapat dilihat pada **Gambar 2.3**



Gambar 2.3 Struktur Molekul Gliserol (Sumber: <https://www.kullabs.com/>)

Pengaruh gliserol sebagai *plasticizer* pada molekul pati telah diteliti oleh Kruiskamp, (2001). Kruiskamp, Kruiskamp mereaksikan gliserol dan etilen glikol

dengan amilopektin dan membandingkan entalpi reaksi keduanya. Hasil penelitian menunjukkan, bahwa gliserol dan etilen glikol mampu berinteraksi dengan molekul amilopektin, namun mekanisme reaksi dan immobilisasi *plasticizer* belum bisa dijelaskan karena belum ada penelitian lebih lanjut. Ada kemungkinan bahwa *plasticizer* ikut andil dalam mekanisme substitusi, sehingga menurunkan mobilitas keseluruhannya (Kruiskamp, dkk., 2001).

2.3 Metode Solvent Casting

Solvent Casting adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk membuat film. Pada metode ini protein atau polisakarida didispersikan pada campuran air dan plastisizer dengan pengadukan. Setelah pengadukan sesegera mungkin adonan tadi dipanaskan dalam beberapa waktu dan dituangkan pada cetakan (*casting plate*). Setelah adonan dituangkan kemudian dikeringkan dalam oven 50-60°C selama 24 jam. Film yang telah mengering dilepaskan dari cetakan (Hui, 2006).

Pembuatan plastik *biodegradable* metode *solvent casting* meliputi beberapa tahap proses yaitu pencampuran, pemanasan, pencetakan, dan pengeringan. Pencampuran bahan dilakukan dengan cara pengadukan sampai homogen, pengadukan berfungsi untuk mencampur bahan hingga merata agar proses hidrasi bahan dapat berjalan secara sempurna sehingga proses gelatinisasi pada tahap pemanasan terjadi secara merata. Pemanasan dilakukan pada suhu 80°C sambil diaduk, saat proses pemanasan terjadi perubahan pada sifat fisik larutan yaitu berbentuk pasta yang lebih kental karena penyerapan air pada bahan.

Pencetakan dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu injeksi, cetak, kompresi cetak tiup dan penuangan. Penuangan merupakan pencetakan yang sederhana dalam pembuatan plastik *biodegradable* metode *solvent casting* yaitu dengan cara menuangkan larutan pembentukan plastik *biodegradable* pada cetakan berupa plat yang dilapisi mika sebanyak 10 ml. Pengeringan adalah tahap akhir pembuatan plastik *biodegradable*. Pengeringan dilakukan dengan pengering pada suhu 50°C selama 24 jam. Pengeringan merupakan pengurangan kadar air suatu

bahan sampai batas tertentu dengan jalan penguapan menggunakan energi panas (Strong, 2012).

2.4 Perubahan – Perubahan Selama Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Selama pembuatan plastik *biodegradable* terjadi proses gelatinisasi, retrogradasi, polimerisasi, pencoklatan melalui maillard.

- a. Gelatinisasi terjadi pada proses pemanasan, pati yang dimasukkan kedalam air granula pati akan menyerap air dan akhirnya membengkak. Peningkatan volume granula pati terjadi di dalam air pada suhu antara 55°C-65°C, dan tidak dapat kembali ke bentuk yang sebelumnya. Suhu pada saat granula pati pecah disebut suhu gelatinisasi (Winarno, 1997). Apabila konsentrasi pati tinggi maka gel yang terbentuk semakin kuat (Winarno, 1997).
- b. Retrogradasi merupakan proses kembalinya kristalisasi pati yang telah mengalami gelatinisasi. Pasta pati yang telah dingin akan memungkinkan molekul – molekul amilosa berikatan kembali satu sama lain serta berikatan dengan cabang amilopektin pada luar granula melalui ikatan hidrogen intermolekuler sehingga memungkinkan terbentuknya jaring-jaring mikrokristal dan mengendap. Apabila gelatinisasi tinggi, tingkat retrogradasi juga tinggi sehingga gel yang terbentuk semakin kuat (Haryadi, 2015). Retrogradasi terjadi pada saat tempering.
- c. Polimerisasi merupakan reaksi pembentukan polimer berdasarkan kemampuan dari monomer untuk saling berikatan melalui ikatan kovalen dan akan menghasilkan rantai molekul linier, bercabang atau 3 dimensi. Pada saat molekul pati saling berikatan, gliserol akan menyisip diantara molekul pati dan berkompetisi dengan hidrogen dalam membentuk ikatan antara molekul pati-pati dan pati-gliserol sehingga akan mengurangi gaya tarik antar intermolekul. *Plasticizer* akan bergabung dengan sisi polar dari rantai polimer. Pada saat terbentuk polimer akan terjadi perubahan sifat fisik, kimia dan elektrik (Turbhan, 2001).

2.5 Sifat Fisik dan Kimia Plastik *Biodegradable*

Beberapa sifat fisik dan kimia yang digunakan untuk menentukan karakteristik plastik *biodegradable* diantaranya :

1. Ketebalan

Ketebalan plastik *biodegradable* berpengaruh terhadap efektifitas sebagai pelindung bahan pangan serta berpengaruh langsung terhadap kemampuan melindungi dari gangguan mekanis dan fisik (Skurtys, 2010). Hal yang dapat mempengaruhi ketebalan antara lain viskositas, konsentrasi dan kepadatan larutan biopolimer (Azzkarahman, 2009).

2. Warna

Warna plastik *biodegradable* dapat mempengaruhi warna asli bahan pangan yang dikemas, jika warna terlalu gelap maka akan menutupi kenampakan warna asli bahan pangan tersebut yang dapat mengakibatkan berkurangnya daya tarik konsumen. Warna plastik *biodegradable* dipengaruhi oleh senyawa yang ditambahkan pada pembuatan plastik *biodegradable*, misalkan ditambahkan senyawa yang menghasilkan warna seperti antosianin.

3. Kuat tarik

Terkait dengan fungsi plastik *biodegradable* sebagai pengemas bahan pangan sehingga nilai kuat tarik perlu diketahui untuk mengetahui besarnya gaya tarikan maksimum pada setiap satuan luas penampang film untuk meregang sampai putus (Krocta dan Johnston, 1997). Hal yang mempengaruhi kuat tarik adalah sifat dan proporsi bahan yang ditambahkan, jika penggunaan *plasticizer* tinggi maka mobilitas polimer pada matriks film tinggi sehingga menurunkan nilai kuat tariknya (Louisa, 2013).

4. Elongasi

Pengukuran elongasi saling berhubungan dengan pengukuran kuat tarik karena semakin tinggi kuat tarik maka fleksibilitas atau elongasi dari film juga akan semakin tinggi dan semakin baik untuk melindungi bahan pangan. Hal yang mempengaruhi elongasi adalah sifat dan proporsi bahan yang ditambahkan, jika bahan yang ditambahkan memiliki kemampuan untuk mereduksi interaksi intermolekul penyusun matriks film maka elongasi yang dimiliki tinggi.

5. Daya larut

Kemampuan plastik *biodegradable* larut dalam air perlu diketahui karena dapat berpengaruh terhadap kemampuannya dalam melindungi bahan pangan, jika daya larut tinggi dimungkinkan dapat ikut terlarut dalam bahan pangan yang dilapisi sehingga kemampuannya melindungi bahan pangan rendah. Hal yang dapat berpengaruh terhadap daya larut adalah sifat bahan yang ditambahkan kedalam pembuatan plastik *bioegradable*. Bahan yang ditambahkan bersifat hidrofilik maka akan dimungkinkan plastik *biodegradable* yang dihasilkan memiliki nilai daya larut tinggi. Ph juga berpengaruh terhadap kelarutan film, jika film memiliki ph rendah maka pembentukan gel akan semakin lambat dan ph isoelektrik mengakibatkan protein menggumpal dan mengendap sehingga menurunkan daya larutnya (Wijayanti, 2014).

6. Kadar air

Plastik *biodegradable* berfungsi sebagai pengemas, maka nilai kadar air harus diperhatikan untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan yang dilapisi. Hal yang dapat mempengaruhi nilai kadar air adalah sifat bahan yang digunakan seperti substitusi bahan yang ditambahkan seperti tepung bungkil biji jarak dan gliserol yang bertindak sebagai *plasticizer*. Jika menggunakan sorbitol maka kadar air yang dimiliki lebih rendah karena sorbitol bersifat hidrofobik namun jika menggunakan gliserol kadar air yang dihasilkan lebih tinggi karena gliserol bersifat hidrofilik (Krochta, 1994)

7. Kadar abu

Abu adalah zat anorganik dari sisa hasil pembakaran suatu bahan organik (Sudarmadji, 2003). Kandungan abu dan komposisinya tergantung pada jenis bahan dan cara pengabuannya. Pengukuran kadar abu bertujuan untuk mengetahui besarnya kandungan mineral yang terdapat dalam makanan/pangan (Sandjaja, 2009). Selain itu, Kadar abu dari suatu bahan biasanya menunjukkan kadar mineral, kemurnian, serta kebersihan suatu bahan yang dihasilkan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah Tepung biji Jarak, CMC, tapioka, aquades, gliserol, kain saring, plastik mika, alumunium foil, plastik klip dan silika gel.

3.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah pisau, loyang, blender, ayakan 80 mesh, baskom, neraca analitik, press hidrolik, gelas plastik, sendok, solet, gelas ukur 100 ml, beaker glass 50 ml, beaker glass 500 ml, hot plate stirrer, batang stirrer, oven 50°C, oven 100°C, Tanur pengabuan, kurs porselen, botol timbang, penggaris, colour reader, *Thickness meter* dan *Universal Testing Machine*.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rekayasa Proses Hasil Pertanian, Laboratorium Analisa Terpadu, Laboratorium *Engineering* Hasil Pertanian Jurusan Teknik Pertanian dan Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan Hasil Pertanian Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember. Pelaksanaan penelitian dilakukan pada bulan Desember 2016 hingga selesai.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Pelaksanaan Penelitian

a. Pembuatan tepung bungkil jarak

Jarak pagar disortasi dan dibersihkan dahulu untuk memisahkan dari kotoran. Proses dilanjutkan dengan pengupasan untuk memisahkan dari kulitnya sehingga didapatkan bijinya saja. Biji jarak kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam. Kulit ari biji jarak kering dikupas kemudian dipres agar keluar minyaknya sehingga tinggal bungkilnya saja. Bungkil jarak dihaluskan dan

dilakukan pengayakan 80 mesh sehingga dihasilkan tepung bungkil jarak. Pembuatan tepung bungkil jarak selengkapnya ditunjukkan pada **Gambar 3.1**

b. Pembuatan plastik *biodegradable*

Penelitian dilakukan dengan pembuatan adonan plastik *biodegradable* dengan perbandingan antara tepung tapioka, tepung bungkil jarak, CMC, dan gliserol (20 gram: 5 gram: 1,5 gram: 6,25 gram). Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan dengan mencampurkan 100 ml aquadest dengan tepung bungkil jarak dan gliserol sesuai formulasi, diaduk menggunakan *hot plate stirer* tiga tingkat pada suhu 90°C. Pengadukan dilakukan dengan variasi waktu (10, 15, 20 menit) dan kecepatan pengadukan (200, 500, 800 rpm). Setelah *slurry* terbentuk dicampurkan tapioka sesuai formulasi yang telah dilarutkan dengan 100 ml air, selama 5 menit pada suhu 90°C hingga terbentuk *slurry* yang lebih kental. 1,5 gram CMC dilarutkan dalam 50 ml air dan diaduk hingga kalis kemudian dimasukkan kedalam *slurry*. Kemudian didiamkan beberapa saat, *slurry* dipanaskan kembali diatas *hot plate stirrer* selama 2 menit pada suhu 90°C hingga membentuk gel, kemudian dituang kedalam loyang yang sudah dilapisi mika, dan diratakan menggunakan solet. Lalu adonan ditampering 15 menit untuk menurunkan suhu kemudian di keringkan dengan suhu 50°C selama 20 jam di dalam oven. Jadilah plastik *biodegradable*. Proses pembuatan adonan plastik *biodegradable* ditunjukkan pada

Gambar 3.2

3.3.2 Rancangan Penelitian

Kegiatan penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 2 faktor. Faktor A adalah lama waktu pengadukan, sedangkan faktor B adalah kecepatan putar. Macam dan kombinasi perlakuannya adalah sebagai berikut :

Faktor A	: Waktu Pengadukan
A1	: 10 menit
A2	: 15 menit
A3	: 20 menit

Faktor B : Kecepatan Putar Pengadukan

B1 : 200 rpm

B2 : 500 rpm

B3 : 800 rpm

Rancangan di atas menggunakan model persamaan umum sebagai berikut :

A1B1 A2B1 A3B1

A1B2 A2B2 A3B2

A1 B3 A2B3 A3B3

Masing-masing kombinasi perlakuan dalam penelitian dilakukan sebanyak dua kali ulangan. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan analisis annova, uji lanjut tukey menggunakan aplikasi Minitab 1.7

3.3.3 Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kekuatan tarik atau *Tensile Streght* (metode standart ASTM D638-94 dalam Chang, 2000)
2. Ketebalan (menggunakan *Thickness Meter* Mitotulyo Tipe 7301)
3. Persen elongasi (Modifikasi ASTM D638-94 dalam Chang, 2000)
4. Kelarutan *film* (Sorthornvit, 2003 dengan modifikasi).
5. Kadar air (metode oven, Sudarmadji, 1986)
6. Kadar abu (metode langsung, Sudarmadji, 1997)
7. Warna (menggunakan Colour Reader CR-10)

3.4 Prosedur Analisis

3.4.1 Kekuatan Tarik

Pengukuran kuat tarik menggunakan metode pada ASTM (1995), dilakukan menggunakan Universal Testing Machine (Mpa). Sampel dipotong dengan ukuran 1 cm x 5 cm. Pengujian dilakukan dengan cara kedua ujung sampel dijepit. Selanjutnya dicatat panjang awal sebelum penambahan beban, kemudian dilakukan penambahan beban dan dicatat film yang telah dijepit. Pengujian dilakukan hingga lembar terakhir. Kuat tarik berfungsi untuk mengetahui besarnya gaya maksimum

pada setiap satuan luas penampang film untuk meregang sampai putus. Secara matematis hubungan tersebut dapat ditulis sebagai berikut.

$$\text{Kekuatan Tarik (kg/cm}^2\text{)} (\sigma) = \frac{\text{Gaya Kuat Tarik (F)}}{\text{Tebal} \times \text{Luas Permukaan (A)}}$$

3.4.2 Ketebalan

Pengukuran ketebalan menggunakan *Thickness meter* yang menggunakan sistem mikrometer digital dengan akurasi 0,001 mm. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur pada tiga titik yang berbeda tiap sampel dan diambil rata-ratanya. Ketebalan perlu dilakukan untuk mengetahui satuan luas (mm²) yang berfungsi untuk menghitung hasil kuat tarik.

3.4.3 Elastisitas *Film* atau Persen Elongasi

Pengukuran elastisitas film atau persen elongasi menggunakan metode pada ASTM (1995) dan menggunakan alat Universal Testing Machine (Mpa) (alat yang sama dengan pengukuran kuat tarik) . Sampel dipotong dengan ukuran 1 cm x 5 cm, kemudian kedua ujung sampel dijepit. Persen pemanjangan dihitung dengan membandingkan panjang film saat putus dan panjang film sebelum ditarik oleh alat. Besarnya persen elongasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$(\%) \text{ elongasi} = \frac{\text{Panjang Saat Putus (cm)} - \text{Panjang Awal (cm)}}{\text{Panjang Awal (cm)}} \times 100\%$$

3.4.4 Kelarutan *Film* (Sorthornvit, 2003 dengan modifikasi)

Pengukuran kelarutan *biodegradable* film dengan memotong film sebagai sampel dengan ukuran 4 x 6 cm dioven 24 jam suhu 100°C dan ditimbang (d gram). Kemudian film diletakkan didalam wadah yang telah diisi dengan 35 ml aquadest dan disimpan dalam suhu ruang selama 24 jam. Selanjutnya film ditiriskan dengan saringan dan dimasukkan dalam botol timbang (yang telah dikeringkan 60 menit) dan ditimbang beratnya (a gram). Botol timbang beserta *biodegradable* film dioven pada suhu 100-105°C selama 48 jam hingga mencapai berat konstan sebagai (b gram). Kelarutan dihitung dengan rumus :

$$\text{Kelarutan} = \frac{(d-c)}{d} \times 100\% \text{ dimana } c = b - a$$

Keterangan :

a = berat botol timbang

b = berat botol timbang + *biodegradable* film konstan

c = berat akhir *biodegradable* film

d = berat *biodegradable* film awal

3.4.5 Warna

Pengukuran warna pada plastik menggunakan color reader Minota CR-10. Prinsip kerjanya berdasarkan notasi warna L menyatakan kecerahan (*lightness*) yang berkisar 0-100 dari hitam ke putih. Intensitas warna sampel ditunjukkan oleh angka yang terbaca pada *color reader* ketika alat ditempelkan pada permukaan sample. Pengukuran dilakukan pada setiap sampel plastik dengan lima kali ulangan kemudian dilakukan perhitungan rata-rata dari data yang diperoleh. Sampel diukur dengan menghitung nilai L, a, dan b. Intensitas warna dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Rumus :

$a^* = \text{standar } a + da$

$b^* = \text{standar } b + db$

$c^* = \sqrt{a^2 + b^2}$

Dimana:

- Nilai a berkisar antara -80 sampai 100 yang menunjukkan warna hijau hingga merah;
- Nilai b berkisar antara -80 sampai 70 yang menunjukkan warna biru hingga kuning;
- Chroma*, intensitas warna, $c^* = 0$, tidak berwarna, semakin besar c^* berarti intensitas semakin besar.
- Nilai L semakin tinggi menunjukkan kecerahan semakin tinggi

3.4.6 Kadar Air

Uji kadar air berdasarkan metode oven, botol timbang yang akan digunakan untuk analisis kadar air di oven selama 60 menit pada suhu 100-105°C. Kemudian didinginkan kedalam eksikator selama 15 menit dengan tujuan untuk menurunkan

suhu dan menstabilkan kelembapan (RH). Botol timbang ditimbang sebagai (a) gram, kemudian sampel ditimbang sebanyak 1-3 gram dalam botol timbang dan dicatat sebagai (b) gram. Botol timbang + sampel dioven pada suhu 100-105°C selama 24 jam lalu didinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan ditimbang sebagai (c) gram. Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air} = \frac{(b-c)}{(c-a)} \times 100\%$$

Keterangan :

a = berat botol timbang (gram)

b= berat *biodegradable* film + botol timbang (gram)

c= berat akhir *biodegradable* film setelah dioven (gram)

3.4.7 Kadar Abu

Penentuan kadar abu dengan metode langsung yaitu dengan menimbang sampel film sebanyak 1-3 gram dalam kurs porselen (b) gram yang telah diketahui beratnya (a) gram. Kemudian dilakukan pengabuan dalam 2 tahap, suhu pertama 300°C kemudian dinaikkan menjadi 400°C-550°C. Selanjutnya kurs porselin dibiarkan dingin, kemudian dimasukkan kedalam oven selama 2 jam. Kurs porselin kemudian dimasukkan kedalam deksikator selama 15 menit untuk kemudian ditimbang beratnya dan diulang sampai mencapai berat konstan (c) gram. Kadar abu sampel dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$\text{Kadar abu} = \frac{(c-a)}{(b-a)} \times 100\% \text{ atau } \frac{\text{berat abu (gram)}}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

Keterangan :

a = Berat kurs (gram)

b= Berat kurs + sampel sebelum pengabuan (gram)

c= Berat kurs + sampel setelah pengabuan (gram)

3.4.8 Penentuan Formula Terbaik (Metode Indeks Efektivitas) (De Garmo, 1984).

Penentuan formula terbaik dilakukan dengan menentukan bobot nilai (BN) pada masing-masing parameter dengan angka relatif 0-1. Bobot normal tergantung dari kepentingan masing-masing parameter yang hasilnya diperoleh sebagai akibat perlakuan. Selanjutnya parameter dibagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok A dan kelompok B. Kelompok A terdiri atas parameter yang semakin tinggi reratanya

semakin baik, sedangkan kelompok B terdiri atas parameter yang semakin rendah reratanya semakin baik. Setelah itu dihitung bobot normal parameter (BNP) dan nilai efektifitas dengan rumus:

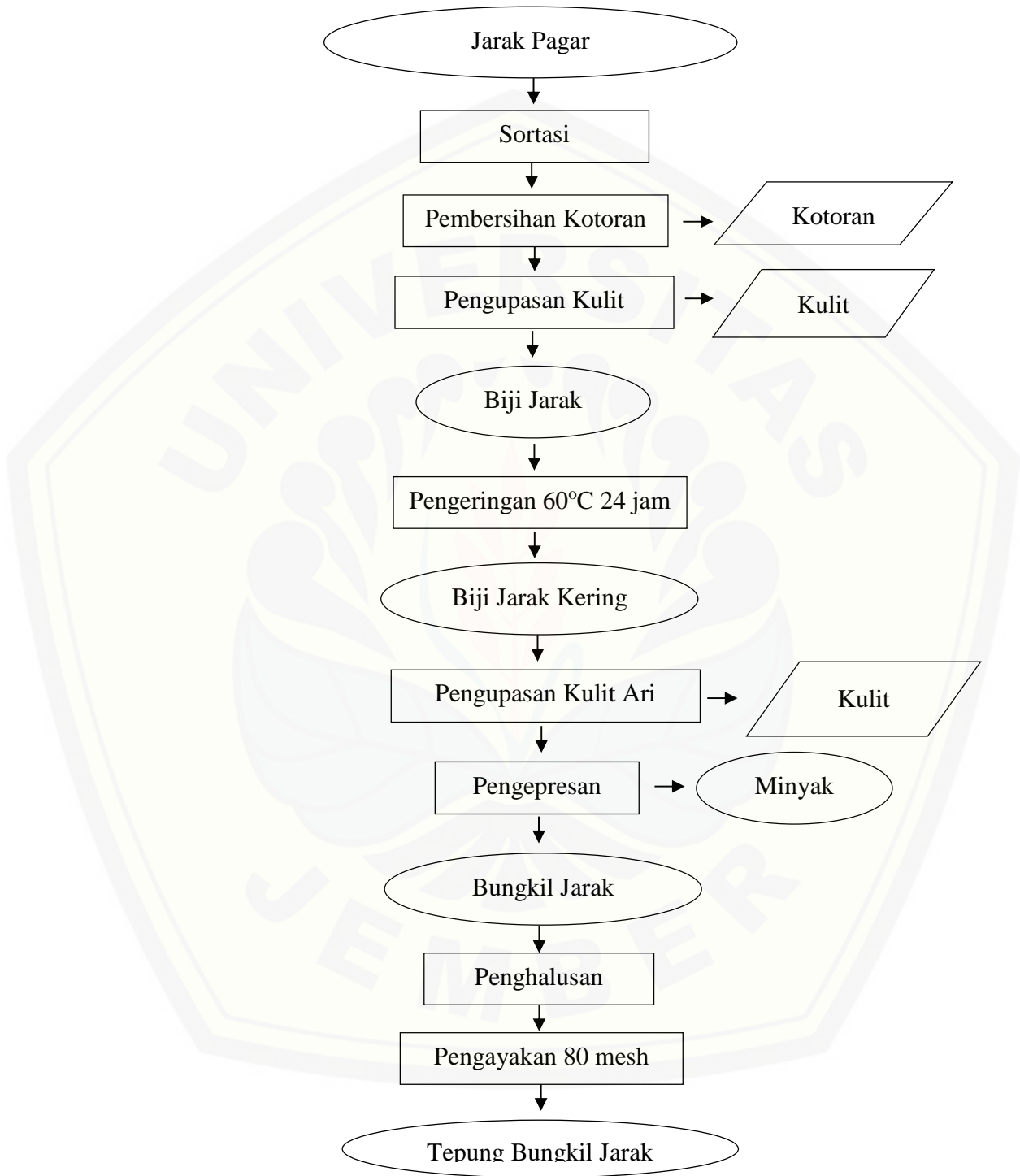
$$\text{Bobot Nilai Parameter (BNP)} = \frac{\text{Bobot Nilai (BN)}}{\text{Bobot Nilai Total (BNT)}}$$

$$\text{Nilai Efektifitas (NE)} = \frac{\text{nilai perlakuan} - \text{nilai terjelek}}{\text{nilai terbaik} - \text{nilai terjelek}}$$

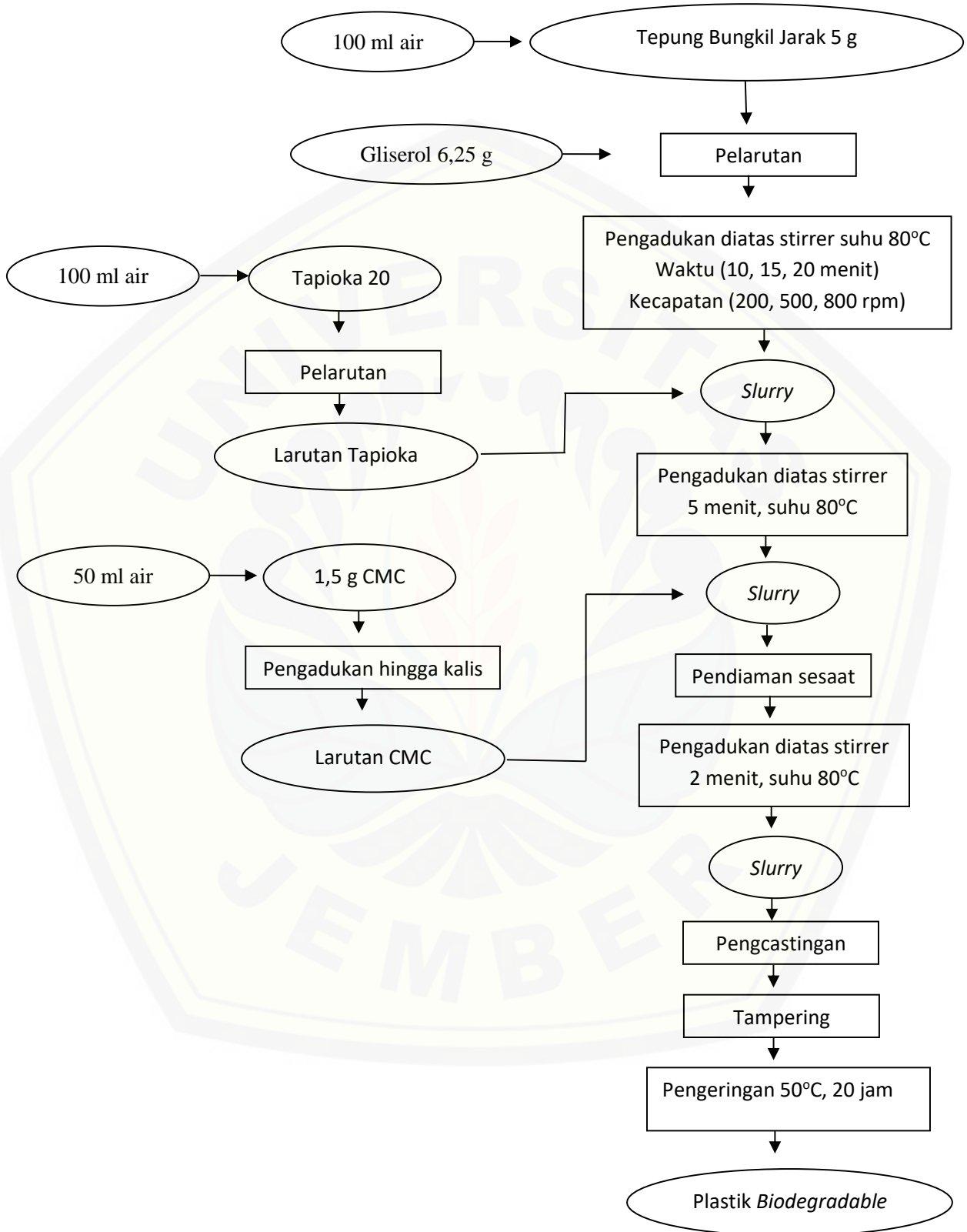
Pada parameter kelompok A, nilai terendah dianggap sebagai nilai terjelek. Sebaliknya, pada parameter kelompok B, nilai tertinggi dianggap sebagai nilai terjelek. Selanjutnya dihitung nilai hasil (NH) semua parameter dengan rumus:

$$\text{Nilai Hasil (NH)} = \text{Nilai Efektifitas} \times \text{Bobot Normal Parameter}$$

Formula yang memiliki nilai tertinggi dinyatakan sebagai formula terbaik.



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan tepung bungkil jarak



Gambar 3.2 Diagram Pembuatan Plastik *biodegradable*

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini pembuatan plastik *biodegradable* dengan lama waktu dan kecepatan pengadukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Waktu pengadukan pada pembuatan plastik *biodegradable* formulasi tepung bungkil jarak, tapioka, dan CMC berpengaruh nyata terhadap kadar abu, ketebalan dan kelarutan plastik *biodegradable*. Tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air, kuat tarik, elongasi dan warna plastik *biodegradable*.
2. Kecepatan pengadukan pada pembuatan plastik *biodegradable* formulasi tepung bungkil jarak, tapioka, dan CMC berpengaruh nyata terhadap kadar abu, ketebalan dan kelarutan plastik *biodegradable*. Tetapi tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air, kuat tarik, elongasi dan warna plastik *biodegradable*.
3. Perlakuan terbaik dari sembilan sampel plastik *biodegradable* bungkil jarak terdapat pada perlakuan 15 menit waktu pengadukan dengan kecepatan 800 rpm. Berdasarkan uji efektivitas didapati hasil plastik *biodegradable* dengan karakteristik (ketebalan: 0,15 mm; kuat tarik: 19,05 Mpa; elongasi: 19,4%; kadar air: 12,67%; kadar abu: 1,7%; kelarutan: 63,81%), warna (*lightness*: 83,84; *chroma*: 43,44)

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh suhu pengeringan dan lama degradasi plastik *biodegradable* dari tepung bungkil jarak dan tapioka.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, S. dan Clark, D. 2009. Plastik *Biodegradable*. <http://id.wikipedia.org/wiki>. [10 Oktober 2016].
- Anggraini, R. W. 1999. *Resistant starch tipe III dan tipe IV pati ganyong (Canna edulis), kentang (Solanum tuberosum), dan kimpul Xanthosoma violaceum schott) sebagai prebiotik*. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Arbiantara. 2008. *Pengembangan Compression Molding dalam Pembuatan Plastik Biodegradabel dari Bungkil Biji jarak Pagar*. J. Rotor 2(2):9-17.
- Azizah, U. 2009. *Polimer Berdasarkan Sifat Thermalnya*. Chem-is-Try.Org.
- Bramasto, Y. 2003. *Biji Jarak, Pemanfaatan dan Kegunaanya di Masa Mendatang*. Dalam klik benih.(2)01. Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pembenihan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Chang. 1998. *Chemistry*, 6th Ed. USA: WCB/McGraw-Hill.
- Dani, I.M. dan Mawarani, L. J. 2012. *Pembuatan dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomanan Umbi Porang*. Jurusan Teknik Fisika. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Darni, Y. dan Herti, U. 2005. "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Sorgum dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum". *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. Vol.7, No.4, (2010), Hal: 88-93. ISSN 1412-5064.
- Gannadios, A. Weller, C.L. Testin, R.F. 1993. Temperatur Effect on Oxygen Permeability of Edible Protein Based Film. *J. of Food Sci.* 58(1): 212-219.
- Griffin, H. 1994. *Customer Loyalty, How to Earn it How to Keep it*. Loxington: Books An Imprint of The Free Press.
- Gotard, N.S. and Cuq, J. 1993. *J. of Food Sci* 58 (2):206-211.
- Handi, H. Nurcholis, M. dan Sumarsih, S. 2005. *Jarak Pagar dan Pembuatan Biodiesel*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Haryadi. 2000. *Jarak Pagar Tanaman Penghasil Biodisel*. Penerbit Swadaya: Jakarta.
- Harris, H. 2001. Kemungkinan Penggunaan Edible film dari Pati Tapioka untuk Pengemas Lempuk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. Vol. 3 No. 2 Hal. 99-106.

- Hui, Y.H. 2006. *Handbook of Food Science Technology and Engineering*. Vol. I, CRC Press. USA
- Irawan, S. 2010. Pengaruh Gliserol terhadap Sifat Fisik/Mekanik dan Barrier Edible Film dari Kitosan. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. Vol. 32 No.1 April 2010 : 6-12
- Krochta, J.M. dan Johnson, C. 1997. *Food Technol.* 51(2):61-72.
- Kruskamp, B. A. (2001). *Ilmu pangan*. Jakarta : UI-Press
- Kumalasari. 2014. Pengaruh Bahan Penstabil dan Perbandingan Bubur Buah terhadap Mutu Sari Buah Campuran Pepaya-Nanas (Effect of Stabilizer Type and Ratio of Fruit Puree on the Quality of Papaya-Pineapple Mixed Juice). *Jurnal J. Hort* 25 (3), September 2015: 266-276
- Mahalik, N.P. 2009. Processing and Packaging Automation System: A Review. *Jurnal Sains & Instrumental*. 3:12-25
- Meila, R. 2017. *Pembuatan Plastik Biodegradable Variasi Rasio Tepung Bungkil Jarak (Jatropha curcas) dan Tapioka serta Konsentrasi Gliserol*. [Skripsi]. Jember: Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember.
- Mc Hugh, T.H. dan Krocht, J.M. 1994. In : *Edible Films and Coating to Improve Food Quality*. Nisperos-Carriede Eds. Technomic Publishing Company. Lancaste.
- Padua. 2011. *Use of Jatropha curcas Hull Biomass for Bioactive Compost Production*. Biomass and Bioenergy 33: 159-162.
- Purnomo, H. 2008. *Ilmu Pangan*. Jakarta: UI-Press.
- Pranamuda, D. 2013. *Pendugaan Sisa Umur Simpan Minuman Jelly di Pasaran*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Radiyah, T. dan Augusto, W.M. *Tepung tapioka*. Subang : BPTTG Puslitbang Fisika Terapan-LIPI, 1990 Hal. 10-13.
- Sandjaja, I.G. 2009. *Pengaruh Penambahan Khitosan dan Plasticizer Gliserol pada Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati limbah Kulit Singkong*. Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS.
- Syafputri, E. 2014. Produksi sampah plastik Indonesia 5,4 juta ton per tahun. <http://www.antaraneews.com/berita/417287/produksi-sampah-plastik-indonesia-54-juta-ton-per-tahun>. [9 Oktober 2016].
- Seal, K.J. 1994. *Test and Standart for Biodegradable Plastic*. In : *Chemistry and Technology of Biodegradable Polymer*. Griffin, G.J.L Blackie Academic and Profesional Chapman and Hall.

- Selke, S.E.M. Kamdem, D.P. 2012. *Cartons, Crates and Corrugated Box: Handbook of Paper and Wood Packaging Technology*. 2nd edition. Pennsylvania: DEStech Publications.
- Setiadji, B. dan Pranoto, Y. 1998. Structural Analysis of Spray-Dried Coconut Shell Liquid Smoke Powder. *Journal Teknologi dan Industri Pangan* 23 (2): 173-179
- Sudarmadji, S. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta : Liberti
- Sumarto. 2008. *Mempelajari Pengaruh Penambahan Asam Lemak dan Natrium Benzoat terhadap Sifat Fisik, Mekanik dan Aktivitas Antimikroba Film Edible Kitosan*. [Skripsi]. Bogor: Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Syah, S.H. dan Machmud, Z. 2006. *Panduan Pembenihan Jarak Pagar (Jatropha curcas L.)*. Puslibangbun, Bogor. 24 Hlm.
- Trabi, M.G.M. Gubitz, W.S. Foidl, N. 1997. *Fermentation of Jatropha curcas seeds and press cake with Rhizopus oryzae*. Dalam : Biofuels and Industrial Products from Jatropha Curcas. Gubitz, G.M., M. Mittelbach, M. Trabi (Eds). DBV Graz.
- Winarno, F.G. 1997. *Pengantar Teknologi Pangan*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Zhong Q.P. dan Wen, S.X. 2008. Physicochemical Properties of Edible film and Preservative Film from Chitosan/ Cassava/ Starch/ Gelatin Blend Plasticized with Glycerol. *Journal Food Technol. Biotechnol* 46 (3). p.262-269
- Zulfa, Z. 2011. *Pemanfaatan Pati Ubi Jalar untuk Pembuatan Biokomposit Semikonduktor*. Depok: Universitas Indonesia.

LAMPIRAN

Lampiran A. Data Hasil Analisis Kadar Air Plastik *Biodegradable*

A.1 Tabel Hasil Pengukuran Kadar Air Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Kadar air (%)		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	14,5975	14,4152	14,5064	0,1289
A1B2	15,1625	11,8479	13,5052	2,3438
A1B3	11,3241	14,1672	12,7457	2,0104
A2B1	14,1068	14,4583	14,2826	0,2485
A2B2	12,5004	12,9530	12,7267	0,3200
A2B3	14,6387	10,7054	12,6721	2,7813
A3B1	8,8737	16,9961	12,9349	5,7434
A3B2	12,4925	11,8903	12,1914	0,4258
A3B3	11,3306	10,8814	11,1060	0,3176

A.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	12,7457	14,5064	13,5052	40,7573	13,5858
A2	12,6721	12,7267	14,2826	39,6814	13,2271
A3	12,9349	12,1914	11,1060	36,2323	12,0774
Jumlah	38,3527	39,4245	38,8938	116,6710	38,8903
Rata-rata	12,7842	13,1415	12,9646	38,8903	12,9634

A.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

General Linear Model: Kadar Air versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu		2	7.1967	3.5983	0.63	0.554
Kecepatan Putar		2	0.4619	0.2309	0.04	0.960
Waktu*Kecepatan Putar		4	9.7482	2.4371	0.43	0.786
Error		9	51.3311	5.7035		
Total		17	68.7379			
Model Summary						
	S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
	2.38819	25.32%	0.00%	0.00%		

Lampiran B. Data Hasil Analisis Kadar Abu Plastik *Biodegradable*

B.1 Tabel Hasil Pengukuran Kadar Abu Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Kadar abu %		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	0,9717	1,3486	1,1602	0,2665
A1B2	1,4194	1,6084	1,5139	0,1336
A1B3	1,4463	1,6035	1,5249	0,1112
A2B1	1,4516	1,5991	1,5254	0,1043
A2B2	1,7743	1,9480	1,8612	0,1228
A2B3	1,5657	1,7919	1,6788	0,1599
A3B1	1,1713	1,5424	1,3569	0,2624
A3B2	1,5891	1,5473	1,5682	0,0296
A3B3	1,6709	1,7618	1,7164	0,0643

B.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	1,1602	1,5139	1,5249	4,1990	1,3997
A2	1,5254	1,8612	1,6788	5,0654	1,6885
A3	1,3569	1,5682	1,7164	4,6415	1,5472
Jumlah	4,0425	4,9433	4,9201	13,9059	4,6353
Rata-rata	1,3475	1,6478	1,6400	4,6353	1,5451

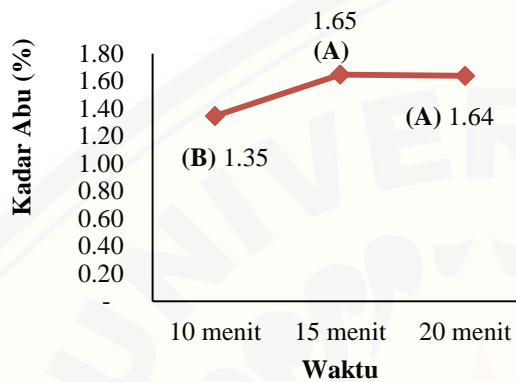
B.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

General Linear Model: Kadar Abu versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Waktu	2	0.25028	0.12514	4.97	0.035	
Kecepatan Putar	2	0.35163	0.17581	6.98	0.015	
Waktu*Kecepatan Putar	4	0.06415	0.01604	0.64	0.649	
Error	9	0.22671	0.02519			
Total	17	0.89277				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
0.158714	74.61%	52.03%	0.00%			

B.4 Uji Tukey Minitab 1.7

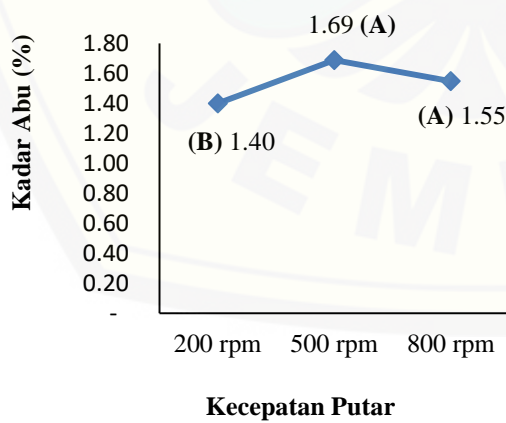
Tukey Pairwise Comparisons: Response = Kadar Abu, Term = Waktu
 Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Waktu	N	Mean	Grouping
15	6	1.65440	A
20	6	1.64010	A
10	6	1.34958	B



Tukey Pairwise Comparisons: Response = Kadar Abu, Term = Kecepatan Putar
 Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Kecepatan Putar	N	Mean	Grouping
500	6	1.68768	A
800	6	1.55998	A
200	6	1.39742	B



Lampiran C. Data Hasil Analisis Ketebalan Plastik *Biodegradable*

C.1 Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Ketebalan		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	0,1593	0,1473	0,1533	0,0085
A1B2	0,1493	0,1567	0,1530	0,0052
A1B3	0,2033	0,1947	0,1990	0,0061
A2B1	0,1407	0,1280	0,1344	0,0090
A2B2	0,1413	0,1433	0,1423	0,0014
A2B3	0,1560	0,1493	0,1527	0,0047
A3B1	0,1300	0,1240	0,1270	0,0042
A3B2	0,1500	0,1187	0,1344	0,0221
A3B3	0,1740	0,1800	0,1770	0,0042

C.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	0,1533	0,1530	0,1990	0,5053	0,1684
A2	0,1344	0,1423	0,1527	0,4294	0,1431
A3	0,1270	0,1344	0,1770	0,4384	0,1461
Jumlah	0,4147	0,4297	0,5287	1,3731	0,4577
Rata-rata	0,1382	0,1432	0,1762	0,4577	0,1526

C.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

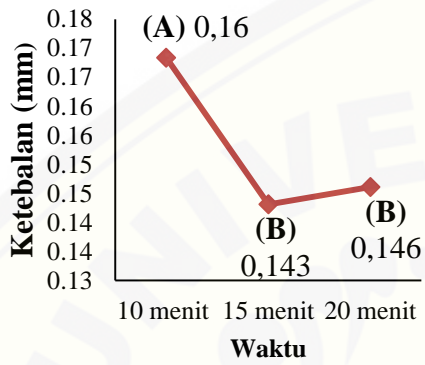
General Linear Model: Ketebalan versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Waktu	2	0.002298	0.001149	13.48	0.002	
Kecepatan Putar	2	0.005116	0.002558	30.00	0.000	
Waktu*Kecepatan Putar	4	0.000939	0.000235	2.75	0.095	
Error	9	0.000767	0.000085			
Total	17	0.009120				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
0.0092334	91.59%	84.11%	66.35%			

C.4 Uji Tukey Minitab 1.7

Tukey Pairwise Comparisons: Response = Ketebalan, Term = Waktu

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

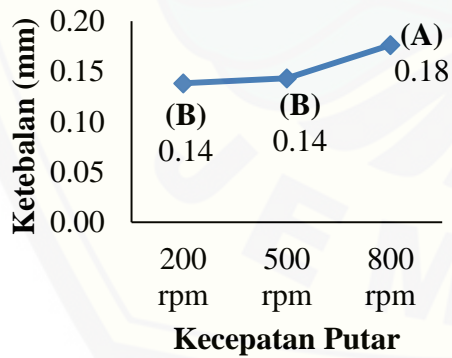
Waktu	N	Mean	Grouping
10	6	0.168433	A
20	6	0.146117	B
15	6	0.143100	B



Tukey Pairwise Comparisons: Response = Ketebalan, Term = Kecepatan Putar

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Kecepatan Putar	N	Mean	Grouping
800	6	0.176217	A
500	6	0.143217	B
200	6	0.138217	B



Lampiran D. Data Hasil Analisis Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

D.1 Tabel Hasil Pengukuran Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Kuat tarik		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	5,7079	12,1407	8,9243	4,5487
A1B2	15,1082	16,3371	15,7227	0,8690
A1B3	16,9491	18,4716	17,7104	1,0766
A2B1	8,5138	12,1357	10,3248	2,5611
A2B2	14,5440	21,9517	18,2479	5,2380
A2B3	9,5981	28,4925	19,0453	13,3604
A3B1	13,8214	16,8174	15,3194	2,1185
A3B2	17,7498	30,5864	24,1681	9,0768
A3B3	24,5303	18,6167	21,5735	4,1815

D.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	8,9243	15,7227	17,7104	42,3574	14,1191
A2	10,3248	18,2479	19,0453	47,6180	15,8727
A3	15,3194	24,1681	21,5735	61,0610	20,3537
Jumlah	34,5685	58,1387	58,3292	151,0364	50,3455
Rata-rata	11,5228	19,3796	19,4431	50,3455	16,7818

D.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

General Linear Model: Kuat tarik versus Waktu, Kecepatan Putar

```

Method
Factor coding (-1, 0, +1)
Factor Information
Factor      Type      Levels  Values
Waktu      Fixed      3       10, 15, 20
Kecepatan Putar Fixed      3       200, 500, 800
Analysis of Variance
Source      DF      Adj SS  Adj MS  F-Value  P-Value
Waktu      2       46.75  23.376  0.82     0.472
Kecepatan Putar 2     198.45  99.226  3.47     0.076
Waktu*Kecepatan Putar 4    20.35  5.086  0.18     0.944
Error      9     257.51  28.612
Total     17     523.06
Model Summary
S      R-sq  R-sq(adj)  R-sq(pred)
5.34902  50.77%  7.01%      0.00%
    
```

Lampiran E. Data Hasil Analisis %Elongasi Plastik *Biodegradable*

E.1 Tabel Hasil Pengukuran %Elongasi Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Elongasi %		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	18,138	20,964	20,827	0,137
A1B2	21,129	18,848	18,786	0,062
A1B3	30,253	16,387	16,579	0,192
A2B1	15,090	24,497	25,161	0,664
A2B2	22,569	22,584	22,577	0,008
A2B3	18,812	19,988	19,400	0,588
A3B1	29,888	29,239	29,564	0,325
A3B2	25,735	24,715	25,225	0,510
A3B3	20,907	21,394	21,151	0,243

E.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	20,8270	18,7860	16,5790	56,1920	18,7307
A2	25,1610	22,5770	19,4000	67,1380	22,3793
A3	29,5640	25,2250	21,1510	75,9400	25,3133
Jumlah	75,5520	66,5880	57,1300	199,2700	66,4233
Rata-rata	25,1840	22,1960	19,0433	66,4233	22,1411

E.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

General Linear Model: Elongasi versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu		2	82.894	41.447	2.51	0.136
Kecepatan Putar		2	9.331	4.665	0.28	0.760
Waktu*Kecepatan Putar		4	90.461	22.615	1.37	0.318
Error		9	148.514	16.502		
Total		17	331.200			
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
4.06222	55.16%	15.30%	0.00%			

Lampiran F. Data Hasil Analisis Kelarutan Plastik Biodegradable

F.1 Tabel Hasil Pengukuran Kelarutan Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	% Kelarutan		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	28,3426	23,4660	25,9043	3,4483
A1B2	26,7811	33,5972	30,1892	4,8197
A1B3	38,5942	46,2058	42,4000	5,3822
A2B1	26,1454	27,3682	26,7568	0,8647
A2B2	41,9304	41,6324	41,7814	0,2107
A2B3	69,1091	58,5174	63,8133	7,4895
A3B1	63,9140	33,4153	48,6647	21,5658
A3B2	58,8146	45,4022	52,1084	9,4840
A3B3	69,1091	58,5174	63,8133	7,4895

F.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	25,90	30,19	42,40	98,4935	32,8312
A2	26,76	41,78	63,81	132,3515	44,1172
A3	48,66	52,11	64,86	165,6377	55,2126
Jumlah	101,3257	124,0790	171,0780	396,4827	132,1609
Rata-rata	33,7752	41,3597	57,0260	132,1609	44,0536

F.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

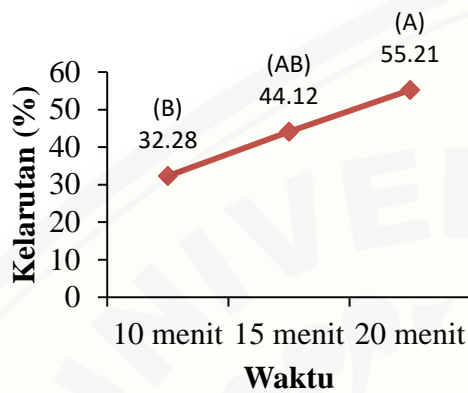
General Linear Model: Kelarutan versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu		2	1502.8	751.41	9.53	0.006
Kecepatan Putar		2	272.8	136.42	1.73	0.231
Waktu*Kecepatan Putar		4	1701.1	425.28	5.39	0.017
Error		9	709.8	78.86		
Total		17	4186.5			
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
8.88047	83.05%	67.98%	32.19%			

F.4 Uji Tukey Minitab 1.7

Tukey Pairwise Comparisons: Response = Kelarutan, Term = Waktu

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Waktu	N	Mean	Grouping
20	6	55.2126	A
15	6	44.1171	A B
10	6	32.8312	B



Tukey Pairwise Comparisons: Response = Kelarutan, Term = Waktu*Kecepatan Putar

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence

Waktu*Kecepatan

Putar	N	Mean	Grouping
20 800	2	64.8648	A
15 800	2	63.8132	A
20 500	2	52.1084	A B
20 200	2	48.6646	A B
10 800	2	42.4000	A B
15 500	2	41.7814	A B
10 500	2	30.1891	A B
15 200	2	26.7568	B
10 200	2	25.9043	B

Lampiran G. Data Hasil Analisis Warna (*Lightness*) Plastik *Bioderadable*

G.1 Warna Tabel Hasil Pengukuran *Lightness* Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Lightness		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	85,4600	88,8100	87,1350	2,3688
A1B2	83,9100	85,5900	84,7500	1,1879
A1B3	86,5500	86,5100	86,5300	0,0283
A2B1	82,8600	90,9300	86,8950	5,7064
A2B2	84,5800	83,0400	83,8100	1,0889
A2B3	81,9700	85,7000	83,8350	2,6375
A3B1	82,4900	78,5300	80,5100	2,8001
A3B2	82,1900	88,3600	85,2750	4,3628
A3B3	88,1100	88,1300	88,1200	0,0141

G.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	87,1350	84,7500	86,5300	258,4150	86,1383
A2	86,8950	83,8100	83,8350	254,5400	84,8467
A3	80,5100	85,2750	88,1200	253,9050	84,6350
Jumlah	254,5400	253,8350	258,4850	766,8600	255,6200
Rata-rata	84,8467	84,6117	86,1617	255,6200	85,2067

G.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

General Linear Model: lightnes versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value	
Waktu	2	7.876	3.938	0.48	0.634	
Kecepatan Putar	2	8.303	4.152	0.51	0.619	
Waktu*Kecepatan Putar	4	69.987	17.497	2.13	0.159	
Error	9	73.801	8.200			
Total	17	159.967				
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
2.86359	53.86%	12.86%	0.00%			

Lampiran H. Data Hasil Analisis Warna Plastik (*Chroma*) *Biodegradable*

H.1 Tabel Hasil Pengukuran Chroma Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Chroma		Rata-rata	St dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	39,7560	22,3350	31,0455	12,3185
A1B2	35,2250	36,0560	35,6405	0,5876
A1B3	22,1440	37,6260	29,8850	10,9474
A2B1	48,5960	18,9140	33,7550	20,9883
A2B2	36,4970	45,4830	40,9900	6,3541
A2B3	49,2090	37,6760	43,4425	8,1551
A3B1	35,9830	51,8690	43,9260	11,2331
A3B2	41,1040	23,8660	32,4850	12,1891
A3B3	25,9350	31,0650	28,5000	3,6275

H.2 Tabel Dua Arah Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	B1	B2	B3	Jumlah	Rata-rata
A1	31,0455	35,6405	29,8850	96,5710	32,1903
A2	33,7550	40,9900	43,4425	118,1875	39,3958
A3	43,9260	32,4850	28,5000	104,9110	34,9703
Jumlah	108,7265	109,1155	101,8275	319,6695	106,5565
Rata-rata	36,2422	36,3718	33,9425	106,5565	35,5188

H.3 Hasil Analisis Sidik Ragam Minitab 1.7

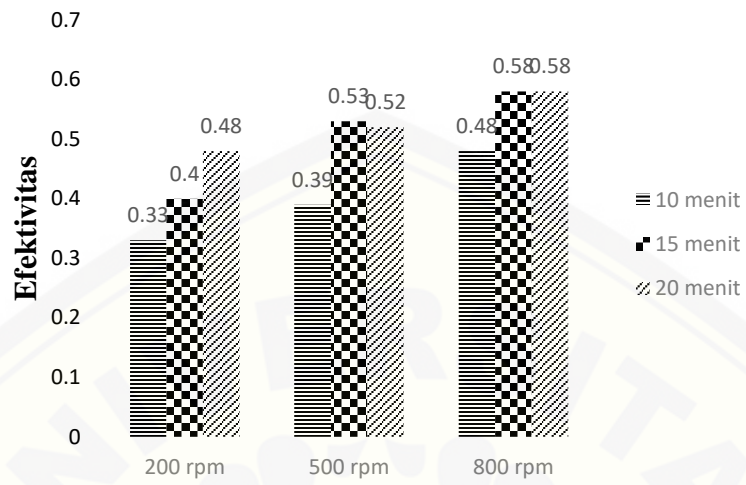
General Linear Model: chroma versus Waktu, Kecepatan Putar						
Method						
Factor coding (-1, 0, +1)						
Factor Information						
Factor	Type	Levels	Values			
Waktu	Fixed	3	10, 15, 20			
Kecepatan Putar	Fixed	3	200, 500, 800			
Analysis of Variance						
Source		DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Waktu		2	158.47	79.23	0.64	0.548
Kecepatan Putar		2	22.41	11.21	0.09	0.914
Waktu*Kecepatan Putar		4	372.61	93.15	0.76	0.578
Error		9	1107.24	123.03		
Total		17	1660.73			
Model Summary						
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)			
11.0917	33.33%	0.00%	0.00%			

Lampiran I. Data Hasil Uji Efektivitas Plastik *Biodegradable*

I.1 Tabel Hasil Uji Efektivitas Plastik *Biodegradable*









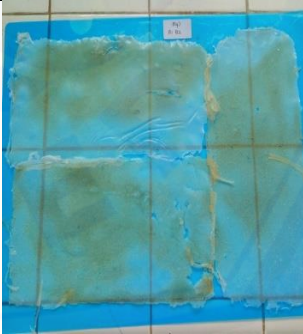
Parameter	B.N	A1B1		A1B2		A1B3		A2B1		A2B2		A2B3		A3B1		A3B2		A3B3	
		N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H	N.E	N.H
Kadar Air	0.14	1.00	0.14	0.71	0.10	0.48	0.07	0.93	0.13	0.48	0.06	0.46	0.06	0.54	0.07	0.32	0.04	0.00	0.00
Kadar Abu	0.11	0.00	0.00	0.43	0.05	0.43	0.05	0.43	0.05	1.00	0.11	0.71	0.08	0.29	0.03	0.57	0.06	0.71	0.08
Ketebalan	0.14	0.29	0.04	0.29	0.04	1.00	0.14	0.00	0.00	0.14	0.02	0.29	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.10
Kuat Tarik	0.14	0.00	0.00	0.45	0.06	0.58	0.08	0.09	0.01	0.61	0.08	0.66	0.09	0.42	0.06	1.00	0.14	0.83	0.11
Elongasi	0.14	0.33	0.04	0.17	0.02	0.00	0.00	0.66	0.09	0.46	0.06	0.22	0.03	1.00	0.14	0.67	0.09	0.35	0.05
Kelarutan	0.14	0.00	0.00	0.11	0.01	0.42	0.06	0.02	0.00	0.41	0.06	0.97	0.13	0.58	0.08	0.67	0.09	1.00	0.14
Lightnes	0.11	0.87	0.09	0.56	0.06	0.79	0.09	0.84	0.09	0.43	0.05	0.44	0.05	0.00	0.00	0.63	0.07	1.00	0.11
Chroma	0.11	0.17	0.02	0.46	0.05	0.09	0.01	0.34	0.04	0.81	0.09	0.97	0.10	1.00	0.11	0.26	0.03	0.00	0.00
Total	1		0.33		0.39		0.48		0.40		0.53		0.58		0.48		0.52		0.58


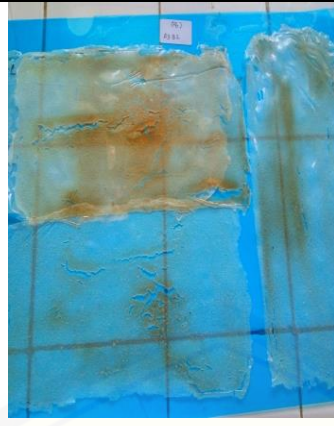

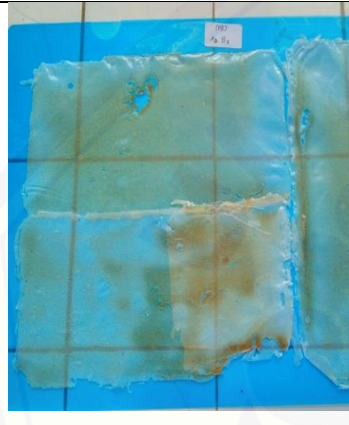





1.2 Diagram Uji Efektivitas Plastik *Biodegradable*



Lampiran J. Dokumentasi Penelitian

		
<p>Sortasi dan pemisahan kulit luar</p>	<p>Pencucian biji</p>	<p>Penirisan biji</p>
		
<p>Biji pres dan pemisahan kulit ari dengan bungkil</p>	<p>Bungkil biji putih</p>	<p>Pengepresan biji</p>
		
<p>Penghalusan biji jarak</p>	<p>Tepung bungkil jarak</p>	<p>Penimbangan tepung bungkil untuk sampel</p>

		
<p>Penimbangan tapioka</p>	<p>Penimbangan gliserol</p>	<p>Pemanasan dan pengadukan tepung bungkil jarak dan gliserol</p>
		
<p>Pemanasan dan pengadukan bungkil jarak, tapioka dan gliserol</p>	<p>Pencastingan atau pelapisan</p>	<p>Sampel A1B1</p>
		
<p>Sampel A2B1</p>	<p>Sampel A3B1</p>	<p>Sampel A1B2</p>

		
Sampel A2B2	Sampel A3B2	Sampel A1B3
		
Sampel A2B3	Sampel A3B3	Pengukuran ketebalan film
		
Pengukuran kuat tarik dan elongasi	Pengujian daya larut film	Pengukuran kadar air film