



**VARIASI RASIO TEPUNG BUNGKIL JARAK (*Jatropha curcas*) DAN
TAPIOKA SERTA KONSENTRASI GLISEROL PADA PEMBUATAN
PLASTIK *BIODEGRADABLE***

SKRIPSI

Oleh :

Rima Meila Sari

NIM 131710101105

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

2017



**VARIASI RASIO TEPUNG BUNGKIL JARAK (*Jatropha curcas*) DAN
TAPIOKA SERTA KONSENTRASI GLISEROL PADA PEMBUATAN
PLASTIK *BIODEGRADABLE***

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 :

Rima Meila Sari

NIM 131710101105

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

2017

PERSEMBAHAN

Saya persembahkan skripsi ini untuk:

1. Allah SWT, karena atas rahmat dan ridhaNya yang telah memudahkan segala urusan, semoga hamba selalu istiqomah di jalanNya (aamiin);
2. Nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing manusia dari jaman jahiliyah ke jaman yang seperti sekarang;
3. Kedua orang tua, Ayahanda Haryanto Am. dan Almarhumah Ibunda Nema Kuntjahajawati tercinta yang selalu memberikan doa restu, kasih sayang, semangat dan motivasi atas penyelesaian pendidikanku;
4. Kakak Merissa, Kakak Yunita dan Kakak Febriani yang selalu menemani, mendorong dan membantu dalam bentuk apapun;
5. Ibu Dr. Triana Lindriati S.T., M.P. selaku dosen pembimbing utama dan ibu Nurud Diniyah S.TP M.P. selaku dosen pembimbing anggota yang telah memberikan bimbingan dengan tulus dan sabar dalam penulisan skripsi ini hingga selesai;
6. Teman-teman anggota Kapak THP B 2013 dan teman seangkatan FTP 2013 yang telah menemani dan memberikan warna selama menempa ilmu;
7. Almamater Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Barang siapa yang menempuh suatu jalan untuk menuntut ilmu, Allah akan memudahkan baginya jalan ke surga”

-HR. Muslim-

“ ... *Sesungguhnya sesudah kesulitan itu adalah kemudahan, sesungguhnya kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh sungguh (urusan) yang lain dan hanya kepada Tuhanlah hendaknya kamu berharap*”

(QS Alam Nasyrh 94;6-8)

“Keyakinan bahwa Allah lah yang memiliki segalanya yang membuat seseorang menjadi *the winner*”

-ust Yusuf Mansur-

man jadda wajada, man shbara zhafira, man sara ala darbi washala (siapa bersungguh-sunggu pasti berhasil, siapa yang bersabar pasti beruntung, siapa menapaki jalan-Nya akan sampai ke tujuan)

(Pepatah Arab)

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama: Rima Meila Sari

NIM : 131710101105

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Variasi Rasio Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha curcas*) dan Tapioka serta Konsentrasi Gliserol Pada Pembuatan Plastik *Biodegradable* ” adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, kecuali dalam kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan kepada institusi manapun serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan kebenaran isi laporan ini sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 25 Agustus 2017

Yang menyatakan,

Rima meila sari

NIM 131710101105

SKRIPSI

**VARIASI RASIO TEPUNG BUNGKIL JARAK (*Jatropha curcas*) DAN
TAPIOKA SERTA KONSENTRASI GLISEROL PADA PEMBUATAN
PLASTIK *BIODEGRADABLE***

Oleh:

**Rima Meila Sari
NIM 131710101105**

Pembimbing :

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

Dosen Pembimbing Anggota : Nurud Diniyah S.TP., MP

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Variasi Rasio Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha Curcas*) dan Tapioka serta Konsentrasi Gliserol Pada Pembuatan Plastik *Biodegradable*” karya Rima Meila Sari, NIM 131710101105 telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember pada :

Hari/ tanggal : Jum’at, 25 Agustus 2017

tempat : Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Nurud Diniyah S.TP., M.P.
NIP. 198202192008122002

Tim Penguji :

Ketua,

Anggota,

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

Ahmad Nafi S.TP., M. P.
NIP. 197804032003121003

Mengesahkan,
Dekan Fakultas Teknologi Pertanian,

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

RINGKASAN

Variasi Rasio Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha Curcas*) dan Tapioka serta Konsentrasi Gliserol Pada Pembuatan Plastik *Biodegradable*; Rima Meila Sari; 131710101105; 89 halaman; Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Usaha pemanfaatan bungkil biji jarak sebagai limbah pengepresan minyak jarak sangat diperlukan dalam rangka mendukung program teknologi ramah lingkungan. Bungkil biji jarak masih mengandung nutrien yang tinggi, terutama kandungan proteinnya. Kandungan protein bungkil biji jarak yaitu 56,4% - 63,8%, lemak 1% - 1,5% dan pati 19,1% (%bk). Kandungan protein yang tinggi pada bungkil biji jarak berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme.

Namun kandungan protein pada bungkil biji jarak telah mengalami denaturasi protein akibat proses pengepresan. Hal tersebut dapat mempengaruhi kondisi protein pada bungkil biji jarak yang akan mempengaruhi sifat dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Sifat plastik *biodegradable* yang kurang baik dapat diperbaiki dengan penambahan hidrokoloid dan *plasticizer*. Penambahan gliserol dapat menyebabkan perubahan sifat-sifat yang signifikan dari film. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol.

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan dua faktor dan dua kali ulangan. Faktor pertama yaitu variasi rasio tepung bungkil biji jarak dan tapioka yang terdiri dari 3 level adalah 5 gram dan 20 gram, 7.5 gram dan 17.5 gram, 10 gram dan 15 gram dan faktor kedua yaitu konsentrasi gliserol yang terdiri dari 3 level adalah 20%, 25% dan 30%. Parameter yang diamati meliputi kadar air, kadar abu, ketebalan, kekuatan tarik, persen elongasi, kelarutan film, dan warna. Data yang diperoleh di analisa sidik ragam dan dilakukan uji beda Tukey HSD.

Berdasarkan hasil penelitian kadar air plastik *biodegradable* berkisar 12.87% hingga 17.16%, kadar abu plastik *biodegradable* berkisar 2.22% hingga 4.08%, ketebalan plastik *biodegradable* berkisar 0.16 mm hingga 0.23 mm, kuat tarik plastik *biodegradable* berkisar 0.12 Mpa hingga 0.29 Mpa, elongasi plastik *biodegradable* berkisar 29.56% hingga 16.58%, kelarutan plastik *biodegradable* berkisar 33,54% hingga 47,10%, pengukuran *lightness* plastik *biodegradable* berkisar 70.17 hingga 76.63, nilai warna chroma berkisar 9.97 hingga 16.33.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, ketebalan, kuat tarik, persen elongasi, warna chroma dan kelarutan dengan tingkat kepercayaan 95% atau $p < 0,05$. Sedangkan Konsentrasi gliserol berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, ketebalan, kuat tarik, persen elongasi dan kelarutan dengan tingkat kepercayaan 95% atau $p < 0,05$.

SUMMARY

Variation Of Castor Bean Flour (*Jatropha Curcas*) & Tapioca Ratio, And Glycerol Concentration On The Production Of Biodegradable Plastics; Rima Meila Sari; 131710101105; 89 pages; Department of Agricultural Product Technology Faculty of Agricultural Technology University of Jember.

Efforts to utilize jatropha seeds as *jatropha curcas* are urgently needed in order to support environmentally friendly technology programs. Jatropha seed meal still contains a high nutrient, especially protein content is almost equal to soybean meal. Protein content of jatropha seed meal is 56.4% - 63.8%, fat 1% - 1.5% and starch 19.1% (% bk). High protein content in jatropha seed cake potential to be developed as a *biodegradable* plastic base material. *Biodegradable* plastics are plastics that can be used just like conventional plastic, but will be destroyed decomposed by microorganisms activity.

However, the protein content of jatropha seed meal has been denatured by the process of pressing protein. It can affect the protein on jatropha seed cake that will affect the properties of the resulting plastic *biodegradable*. Properties of *biodegradable* plastics are poor can be improved with the addition of hydrocolloid and *plasticizier*. The addition of glycerol may cause significant changes in the properties of the film. The purpose of this research is to know the influence of variation of flour meal ratio of tapioca and glycerol concentration.

This study used a randomized block design (RAK) with two factors and two replications. The first factor is the variation of flour meal ratio of jatropha seed and tapioca consisting of 3 levels is 5 gram and 20 gram, 7.5 gram and 17.5 gram, 10 gram and 15 gram and second factor is glycerol concentration consisting of 3 levels is 20%, 25 % And 30%. The parameters observed moisture content, ash content, thickness, tensile *strength*, percent elongation, the solubility of the film, and color. The data obtained in the analysis of variance and tested different Tukey HSD.

Based on the results of water content of *biodegradable* plastics range from 12.87% to 17:16%, ash content of *biodegradable* plastics range from 2:22% until 4:08%, the thickness of *biodegradable* plastics range from 0:16 mm until 0:23

mm, the tensile strength of *biodegradable* plastics range from 0:12 MPa until 0:29 MPa, elongation *biodegradable* plastics range 29.56% and 16:58%, the solubility of *biodegradable* plastics range from 33.54% to 47.10%, of *biodegradable* plastic *lightness* measurement range 70.17 to 76.63, chroma color values range from 9.97 until 16:33.

The results showed that the variation of starch and tapioca flour ratio significantly influenced water content, ash content, thickness, tensile strength, percent elongation, chroma color and solubility with 95% confidence level or $p < 0,05$. While the concentration of glycerol has significant effect on water content, ash content, thickness, tensile strength, percent elongation and solubility with 95% confidence level or $p < 0,05$.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga dengan segala niat dan keyakinan penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Plastik *Biodegradable* Variasi Rasio Tepung Bungkil Jarak (*Jatropha curcas*) dan Tapioka Serta Konsentrasi Gliserol” dengan baik. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Strata Satu (S1) di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari dukungan, bimbingan dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua, Ayahanda Haryanto Am. dan Almarhumah Ibunda Nema Kuntjahajawati tercinta yang selalu memberikan doa restu, kasih sayang, semangat dan motivasi atas penyelesaian pendidikanku;
2. Kakak Merissa, Kakak Yunita dan Kakak Febri yang selalu menemani, mendorong dan membantu dalam bentuk apapun;
3. Dr. Siswoyo Soekarno, S. TP., M. Eng selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
4. Ir. Giyarto, M.Sc selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
5. Dosen pembimbing utama Dr. Triana Lindriati S.T.,M..P. yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
6. Ir. Wiwik Siti Windrati, M.P dan Ahmad Nafi, S.TP., M.P selaku tim penguji, atas saran dan evaluasi demi perbaikan penulisan skripsi;
7. Dosen pembimbing anggota Nurud Diniyah S.TP., M.P. yang telah memberikan motivasi, bimbingan, dan saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan;
8. Segenap dosen pengajar fakultas teknologi pertanian universitas jember yang telah membagi ilmu selama kuliah;

9. Seluruh teknisi laboratorium Jurusan Teknologi Hasil Pertanian (Mbak Wim, Mbak Ketut, Mbak Sari dan Pak Mistar) yang telah memberikan masukan dan bantuan selama di Lab. sehingga penelitian dapat berjalan dengan baik;
10. Teman-teman anggota Kapak THP B 2013 dan teman seperjuangan ku (faiq, intan, dita, sabin, albertus, lita, mardi, elok dan kawan kawan lainnya) yang telah menemani dan memberikan warna selama menempa ilmu;
11. Rohmah munawaroh dan Amelia robby yang telah menjadi penyemangat sahabat bella;
12. Teman seperjuangan penelitian mas dodik yang selalu bersama dan saling membantu selama penelitian;
13. Almamater TK, SD, SMP, SMA dan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember;
14. Serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik atau saran terhadap penulisan laporan ini sangat penulis harapkan. Semoga karya tulis ini dapat memberikan manfaat dan sebagai referensi bagi pembaca. Aamiin

Jember, Agustus 2017

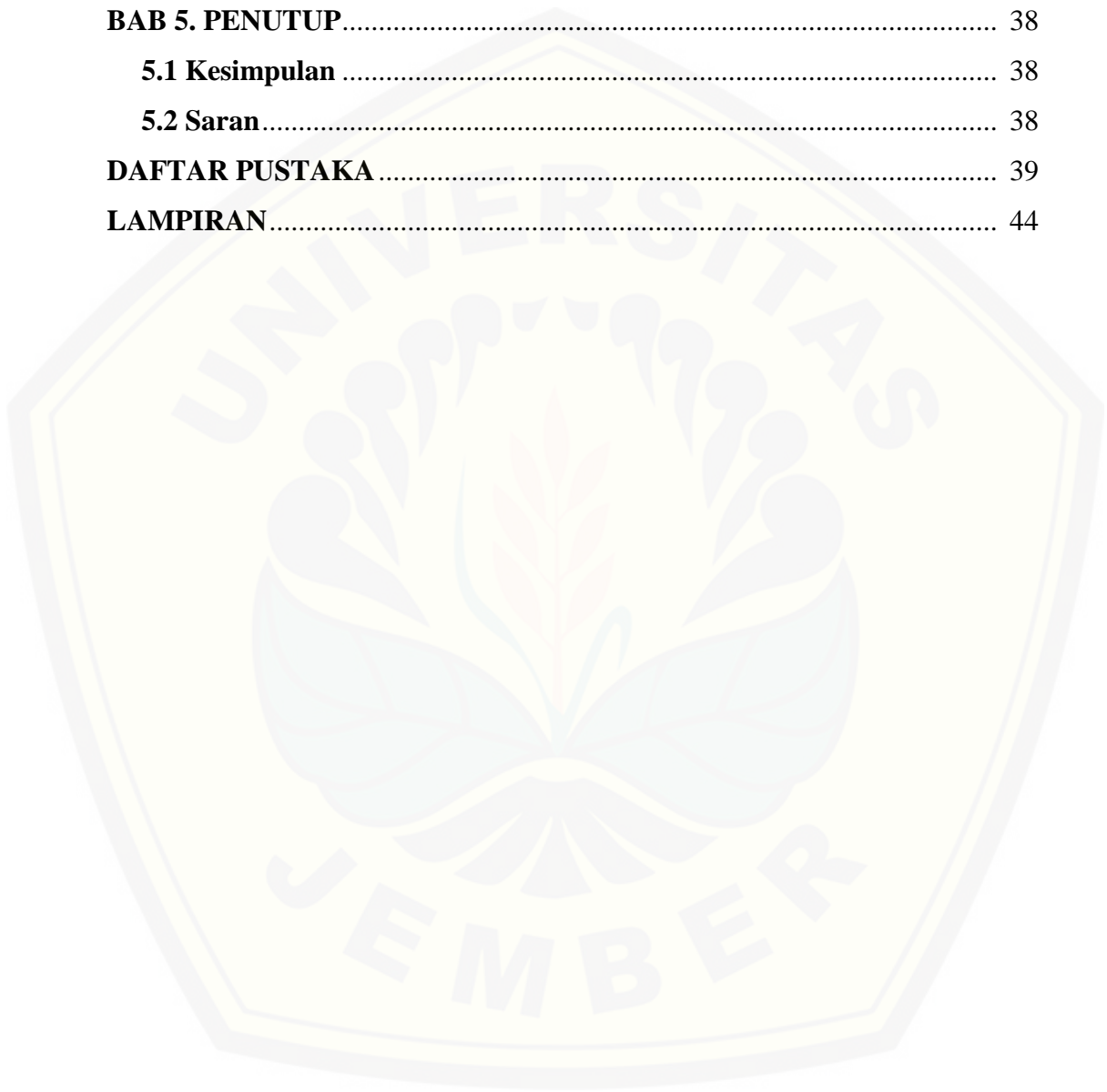
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
SUMMARY	x
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xvi
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 Definisi Plastik dan Plastik <i>Biodegradable</i>	4
2.2 Peranan Bahan-Bahan Dasar Terhadap Sifat Plastik Biodegradable	5
2.3 Bahan Penyusun Plastik <i>Biodegradable</i>	6
2.3.1 Bungkil Biji Jarak Pagar	6
2.3.2 Tapioka	8
2.3.3 CMC (<i>Carboxy Methyl Cellulose</i>).....	10
2.3.4 Air	10
2.3.5 Gliserol	11
2.4 Sifat Fisik dan Kimia Plastik <i>Biodegradable</i>	12
2.4.1 Ketebalan	12
2.4.2 Warna.....	12
2.4.3 Kadar Air	13
2.4.4 Kuat Tarik.....	13
2.4.5 Elongasi	13
2.4.6 Daya Larut	13
2.4.7 Kadar Abu.....	13

2.5 Metode Solvent Casting	14
2.6 Perubahan Selama Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	15
2.6.1 Gelatinisasi	15
2.6.2 Retrogradasi	15
2.6.3 Polimerisasi.....	15
2.7 Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	16
2.7.1 Temperatur.....	16
2.7.2 Konsentrasi Polimer.....	16
2.7.3 <i>Plasticizier</i>	16
BAB 3. METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	17
3.2.1 Bahan	17
3.2.2 Alat	17
3.3 Rancangan Penelitian	17
3.4 Metode Penelitian	17
3.4.1 Pelaksanaan Penelitian	17
3.5 Parameter Penelitian	18
3.6 Prosedur Analisa	18
3.6.1 Kadar Air.....	18
3.6.2 Kadar Abu	18
3.6.3 Ketebalan.....	19
3.6.4 Kekuatan Tarik.....	19
3.6.5 Persen Elongasi	20
3.6.6 Kelarutan Film.....	20
3.6.7 Warna	21
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	22
4.2 Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>	24
4.3 Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	25

4.4 Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>	28
4.5 Persen Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>	30
4.6 Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>	32
4.7 Warna Plastik <i>Biodegradable</i>	35
BAB 5. PENUTUP	38
5.1 Kesimpulan	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	44



DAFTAR GAMBAR

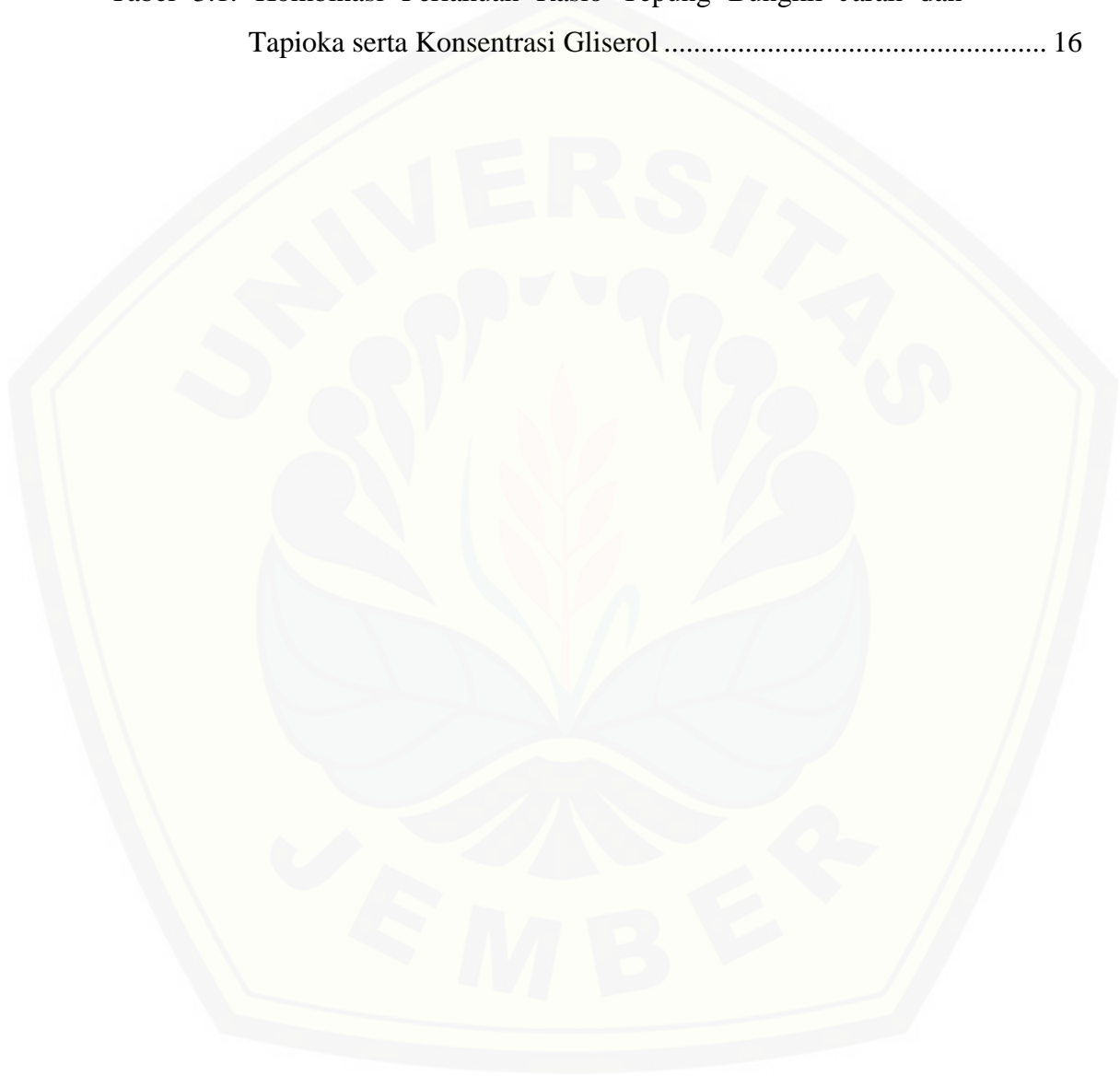
	Halaman
Gambar 2.1. Struktur kimia <i>phorbol ester</i>	7
Gambar 2.2. Struktur kimia <i>Curcin</i>	8
Gambar 2.3. Struktur Amilosa (1) dan Amilopektin (2).....	9
Gambar 3.1. Diagram alir pembuatan tepung bungkil biji jarak.....	17
Gambar 3.2. Diagram alir pembuatan plastik <i>biodegradable</i>	19
Gambar 4.1 Grafik hasil pengukuran kadar air dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	22
Gambar 4.2 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	23
Gambar 4.3 Grafik hasil pengukuran kadar abu dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	24
Gambar 4.4 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	25
Gambar 4.5 Grafik hasil pengukuran ketebalan dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	26
Gambar 4.6 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	27
Gambar 4.7 Grafik hasil pengukuran kuat tarik dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	28
Gambar 4.8 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	29
Gambar 4.9 Grafik hasil pengukuran persen elongasi dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	30
Gambar 5. Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	31
Gambar 5.1 Grafik hasil pengukuran daya larut dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	32
Gambar 5.2 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	33

Gambar 5.3 Grafik hasil pengukuran lightness dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	34
Gambar 5.4 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	35
Gambar 5.5 Grafik hasil pengukuran chroma dari variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol	36
Gambar 5.6 Grafik pengaruh perlakuan rasio tepung bungkil jarak: tapioka (a) Grafik pengaruh konsentrasi gliserol (b)	37



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Komposisi Kimia pada Biji Jarak Pagar	6
Tabel 2.2. Komposisi Kimia Tapioka	7
Tabel 3.1. Kombinasi Perlakuan Rasio Tepung Bungkil Jarak dan Tapioka serta Konsentrasi Gliserol	16



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Data Hasil Analisis Kadar Air Plastik <i>Biodegradable</i>	42
A.1 Tabel hasil pengukuran kadar air plastik <i>biodegradable</i>	42
A.2 Tabel dua arah kadar air plastik <i>biodegradable</i>	42
A.3 Tabel analisis varian kadar air plastik <i>biodegradable</i>	42
A.4 Tabel uji beda kadar air plastik <i>biodegradable</i> rasio bahan dasar dengan metode tukey hsd tingkat keyakinan 95%	43
A.5 Tabel uji beda kadar air plastik <i>biodegradable</i> konsentrasi gliserol dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%	43
Lampiran B. Data Hasil Analisis Kadar Abu Plastik <i>Biodegradable</i>.....	45
B.1 Tabel hasil pengukuran kadar abu plastik <i>biodegradable</i>	45
B.2 Tabel dua arah kadar abu plastik <i>biodegradable</i>	45
B.3 Tabel analisis varian kadar abu plastik <i>biodegradable</i>	45
B.4 Tabel uji beda kadar abu plastik <i>biodegradable</i> rasio bahan dasar dengan metode tukey hsd tingkat keyakinan 95%	46
B.5 Tabel uji beda kadar air plastik <i>biodegradable</i> konsentrasi gliserol dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%	46
Lampiran C. Data Hasil Analisis Ketebalan Plastik <i>Biodegradable</i>	48
C.1 Tabel hasil pengukuran ketebalan plastik <i>biodegradable</i>	48
C.2 Tabel dua arah ketebalan plastik <i>biodegradable</i>	48
C.3 Tabel analisis varian ketebalan plastik <i>biodegradable</i>	48
C.4 Tabel uji beda ketebalan plastik <i>biodegradable</i> rasio bahan dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%.....	49
C.5 Tabel uji beda ketebalan plastik <i>biodegradable</i> konsentrasi gliserol dasar dengan metode tukey hsd tingkat keyakinan 95%	49

Lampiran D. Data Hasil Analisis Kuat Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>.....	51
D.1 Tabel hasil pengukuran kuat tarik plastik <i>biodegradable</i>	51
D.2 Tabel dua arah kuat tarik plastik <i>biodegradable</i>	51
D.3 Tabel analisis varian kuat tarik plastik <i>biodegradable</i>	51
D.4 Tabel uji beda kuat tarik plastik <i>biodegradable</i> rasio bahan dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%	52
D.5 Tabel uji beda kuat tarik plastik <i>biodegradable</i> konsentrasi gliserol dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%	52
Lampiran E. Data Hasil Analisis Elongasi Plastik <i>Biodegradable</i>.....	54
E.1 Tabel hasil pengukuran elongasi plastik <i>biodegradable</i>	54
E.2 Tabel dua arah elongasi plastik <i>biodegradable</i>	54
E.3 Tabel analisis varian elongasi plastik <i>biodegradable</i>	54
E.4 Tabel uji beda elongasi plastik <i>biodegradable</i> rasio bahan dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%	55
E.5 Tabel uji beda elongasi plastik <i>biodegradable</i> konsentrasi gliserol dasar dengan metode tukey HSD tingkat keyakinan 95%	55
Lampiran F. Data Hasil Analisis Kelarutan Plastik <i>Biodegradable</i>	57
F.1 Tabel hasil pengukuran kelarutan plastik <i>biodegradable</i>	57
F.2 Tabel dua arah kelarutan plastik <i>biodegradable</i>	57
F.3 Tabel analisis varian kelarutan plastik <i>biodegradable</i>	57
Lampiran G. Data Hasil Analisis Warna <i>Lightness</i> Plastik <i>Biodegradable</i> .	58
G.1 Tabel hasil pengukuran <i>lightness</i> plastik <i>biodegradable</i>	58
G.2 Tabel dua arah <i>lightness</i> plastik <i>biodegradable</i>	58
G.3 Tabel analisis varian <i>lightness</i> plastik <i>biodegradable</i>	58
Lampiran H. Data Hasil Analisis Warna Chroma Plastik <i>Biodegradable</i>...	59
H.1 Tabel hasil pengukuran chroma plastik <i>biodegradable</i>	59
H.2 Tabel dua arah chroma plastik <i>biodegradable</i>	59
H.3 Tabel analisis varian chroma plastik <i>biodegradable</i>	59
Lampiran I. Dokumentasi Penelitian	60

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan tanaman jarak pagar sudah cukup luas diberbagai negara, karena bijinya merupakan sumber minyak nabati non-pangan yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku *biodiesel*. Kandungan minyak jarak pagar dalam bijinya (*whole seed*) sekitar 30-40% (% bk) sedangkan dari daging bijinya (kernel) 40-50% (%bk) dengan potensi produksi 1.590 kg minyak/ha/tahun (Akintayo, 2004). Pada proses pengolahan minyak jarak menjadi *biodiesel* dihasilkan beberapa macam limbah, yaitu kulit luar dari buah jarak, cangkang warna hitam dan bungkil biji. Apabila biji dipres tanpa cangkang akan dihasilkan bungkil biji berwarna putih.

Bungkil biji jarak mengandung nutrien yang tinggi, terutama kandungan proteinnya hampir sama dengan bungkil kedelai. Menurut Makkar *et al.*, (1998) kandungan protein bungkil biji jarak yaitu 56,4% - 63,8%, lemak 1% - 1,5% dan pati 19,1% (%bk). Kandungan protein yang tinggi pada bungkil biji jarak berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan dasar 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).

Kandungan protein yang tinggi pada bungkil biji jarak dapat membentuk matriks plastik yang baik, namun protein tidak dapat membentuk gel yang sempurna sehingga diperlukan penambahan kandungan polisakarida untuk membentuk gel yang kompak. Polisakarida yang sering digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah pati tapioka. Pati tapioka adalah jenis pati yang memiliki kandungan pati lebih tinggi dibandingkan jenis pati lainnya. Pada penelitian sebelumnya berbahan dasar pati tapioka dan protein kedelai memiliki nilai kekuatan tarik 0,62 Mpa, persen elongasi 72,9%, ketebalan film 0,120 mm, dan densitas $0,8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (Harris, 2015).

Namun kandungan protein pada bungkil biji jarak telah mengalami denaturasi protein akibat proses pengepresan. Hal tersebut dapat mempengaruhi

kondisi protein pada bungkil biji jarak yang akan mempengaruhi sifat dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Sifat plastik *biodegradable* yang kurang baik dapat diperbaiki dengan penambahan hidrokoloid dan *plasticizier*. *Plasticizier* bersifat dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas, menurunkan sifat barrier dari film, menanggulangi kerapuhan yang disebabkan oleh kekuatan intermolekuler, dan meningkatkan permeabilitas plastik terhadap gas, uap air, serta pelarut sedangkan hidrokoloid bersifat membentuk koloid, mengentalkan larutan dan membentuk gel (Choi dan Han, 2001).

Salah satu jenis *plasticizier* yang ditambahkan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah gliserol. Penambahan gliserol dapat menyebabkan perubahan sifat-sifat yang signifikan dari film. Oleh sebab itu pada penelitian ini perlu dipelajari pengaruh penambahan variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol.

1.2 Perumusan Masalah

Bungkil biji jarak merupakan bahan sisa (limbah) hasil pengepresan minyak biji jarak. Bungkil biji jarak mengandung nutrisi yang tinggi terutama kandungan protein. Kandungan protein yang tinggi pada bungkil biji jarak berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme. Namun proses pengepresan dapat mempengaruhi kondisi protein pada bungkil biji jarak. Sebagian protein terdenaturasi akibat adanya tekanan pada saat pengepresan. Hal tersebut dapat mempengaruhi kondisi protein pada bungkil biji jarak yang akan mempengaruhi sifat dari plastik *biodegradable* yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan tapioka dan gliserol untuk menutupi kekurangannya. Namun sampai saat ini masih belum diketahui pengaruh penambahan rasio tepung bungkil biji jarak dan tapioka serta konsentrasi gliserol.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian adalah sebagai berikut,

- 1) Mengetahui pengaruh penambahan rasio tepung bungkil jarak dan tapioka terhadap sifat fisik dan kimia plastik *biodegradable*;
- 2) Mengetahui pengaruh konsentrasi gliserol terhadap sifat fisik dan kimia plastik *biodegradable*.

1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan manfaat antara lain yaitu :

- 1) meningkatkan nilai guna bungkil biji jarak,
- 2) memanfaatkan hasil samping biji jarak menjadi produk ramah lingkungan,
- 3) mendapatkan alternatif bahan pengemas alami dan aman, serta
- 4) pengurangan penggunaan kemasan makanan yang bersifat *non-degradable*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Plastik dan 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 mempunyai peranan besar dalam kehidupan sehari-hari, biasanya digunakan sebagai bahan pengemas makanan dan minuman karena sifatnya yang kuat, ringan dan praktis. 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. Untuk menangani hal ini diperlukan bahan pengemas baru yang aman dan ramah lingkungan yaitu plastik *biodegradable* (Darni *et al.*, 2014).

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. Film plastik ini, biasanya digunakan untuk pengemasan. Kelebihan film plastik 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). Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati atau amilum dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* dengan cara 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.

2.2 Peranan Bahan-Bahan Dasar Terhadap Sifat Plastik Biodegradable

Pembuatan *biodegradable* film memiliki beberapa komponen utama dalam penyusunannya yang terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit. Hidrokoloid yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable* film berupa protein atau polisakarida. *biodegradable* film yang terbuat dari campuran protein dan polisakarida baik digunakan sebagai penghambat perpindahan gas yang efektif untuk mencegah oksidasi lemak (Austin, 1985). *Plasticizer* adalah bahan non volatile bertitik didih tinggi, jika ditambahkan pada material lain dapat mengubah sifat material menjadi lebih plastis. *Plasticizer* berfungsi untuk mengurangi kerapuhan film, meningkatkan permeabilitas terhadap gas, uap air, dan zat terlarut serta meningkatkan plastis (Gontard and Guilbert, 1992).

Beberapa jenis *plasticizer* yang dapat digunakan dalam pembuatan *biodegradable* film antara lain gliserol, lilin lebah, polivinil alkohol dan sorbitol (Julianti dan Nurminah, 2006). Penggunaan gliserol sebagai *plasticizer* sangat dibutuhkan dalam pembuatan *biodegradable* film. Selain itu, gliserol yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable* film sebagai *plasticizer* terdapat bahan tambahan lain yang digunakan yaitu *stabilizer*. *Stabilizer* adalah zat yang dapat menstabilkan, mengentalkan, dan memekatkan bahan yang dicampur dengan air. *Stabilizer* yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable* film adalah karboksimetil selulosa (CMC).

2.3 Bahan Penyusun Plastik *Biodegradable*

Bahan yang digunakan pada pembuatan plastik *biodegradable* pada penelitian ini antara lain bungkil jarak pagar, air, tapioka, CMC, dan *plasticizer* gliserol.

2.3.1 Bungkil Biji Jarak Pagar

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 *et al.*, (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). Komposisi kimia biji jarak pagar dijelaskan pada **Tabel 2.1.** berikut ini.

Tabel 2.1. Komposisi kimia pada Biji Jarak Pagar

Kandungan Zat	Komposisi (%)
Air	12,11
Protein	18
Lemak	38
Karbohidrat	17
Serat	15,5
Abu	5,80
Kadar minyak	16,48

(Sumber : Umam, 2007)

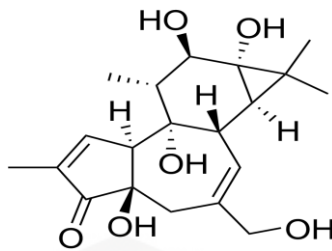
Bungkil biji jarak pagar merupakan hasil samping dari pembuatan minyak biji jarak pagar. Bungkil jarak menyimpan kandungan energi tinggi, yakni 24,8% protein dan 18,17% lemak. Namun pada bungkil biji jarak terdapat beberapa antinutrisi yang dapat menghambat penggunaannya. Kandungan antinutrisi pada bungkil biji jarak meliputi *phorbol ester*, *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 *phorbol ester* dan *curcin*. Racun tersebut harus dihilangkan melalui proses detoksifikasi (Imy,

2006). Setelah melalui proses detoksifikasi, kandungan protein bungkil biji jarak dapat melebihi kandungan protein pada kedelai (Alamsyah, 2006).

Phorbol ester

Phorbol ester merupakan senyawa organik dari tumbuhan yang merupakan anggota diterpenes (kelas dari hidrokarbon). *Phorbol ester* 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), *phorbol ester* diketahui dapat mengaktifasi 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). *Phorbol ester* dapat meningkatkan afinitas PKC Ca^{2+} secara dramatis dan karena *phorbol ester* bersifat stabil dan tidak terdegradasi secara cepat setelah menstimulasi proliferasi dan diferensiasi sel yang tidak terkontrol (Asaoka *et al.*, 1992).

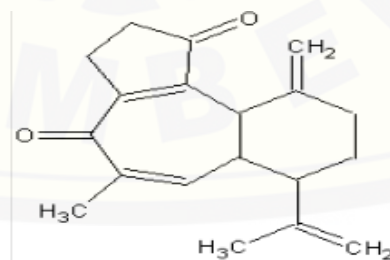
Menurut Makkar dan Becker (1997), *phorbol ester* stabil terhadap panas dan dapat bertahan pada roasting temperature (temperature pemanggangan) hingga $160^{\circ}C$ selama 30 menit, akan tetapi konsentrasi *phorbol ester* dapat diturunkan dengan perlakuan kimiawi (pengolahan dengan NaOH dan NaOCl). Berbagai ester dari *phorbol* memiliki sifat biologis yang penting, yang paling dikenal yaitu kemampuannya sebagai pemacu tumor melalui pengaktifan proteinkinase C (PKC). Bentuk *phorbol ester* menyerupai *diacylglycerols*, derivat glycerol yang terdiri atas dua kelompok hidroksil dapat bereaksi dengan asam lemak untuk membentuk ester. *Phorbol ester* 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.**



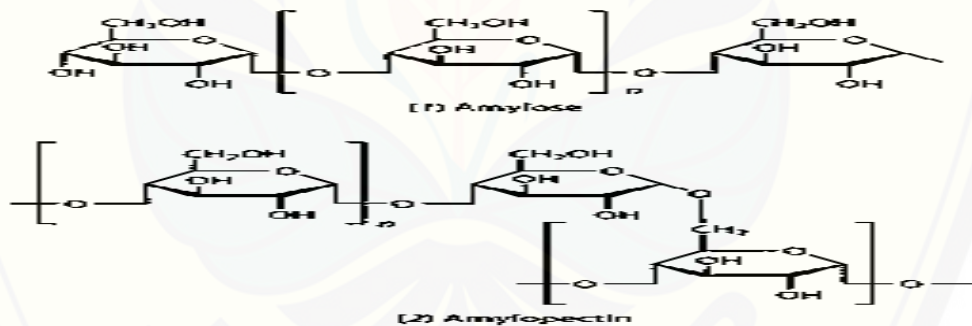
Gambar 2.2. Struktur kimia Curcin

2.3.2 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, 2004). Struktur amilosa dan amilopektin ditunjukkan pada **gambar 2.3**.



Gambar 2.3. 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 $64,5^{\circ}\text{C}$, waktu gelatinisasi 23 menit dan viskositas puncak 1270 bu (Brabender Unit) (Winarno, 2004). 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.M (1990)

2.3.3 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, 2004).

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).

2.3.4 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, *et al.* 20013).

2.3.5 Gliserol

Gliserol merupakan 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 $1,23 \text{ g/cm}^3$, titik didihnya 204°C dan berbentuk cair. Tidak berbau, tidak berwarna, higroskopis, dan larut dalam air serta alkohol (Kumalasari, 2015).



Penambahan gliserol dapat menyebabkan perubahan sifat-sifat yang signifikan dari film terutama pada sifat fisik film plastik *biodegradable*. Gliserol mampu meningkatkan elastisitas dan kekuatan fisik film karena gliserol berperan sebagai *plasticizer*. Selain itu gliserol mampu memisahkan ikatan hidrogen dengan cara meningkatkan daya pengikatan air dan meningkatkan ruang intermolekul sehingga tidak hanya menyebabkan peningkatan fleksibilitas film, namun mampu memberikan rongga yang memungkinkan terjadinya difusi molekul penetrasi (Layuk *et al.*, 2001).

Sifat dari plastik *biodegradable* yang kurang baik dapat diperbaiki dengan penambahan *plasticizer*. *Plasticizer* bersifat dapat menurunkan kekuatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas, serta menurunkan sifat barrier dari film, menanggulangi kerapuhan yang disebabkan oleh kekuatan intermolekuler, meningkatkan permeabilitas *edible* film terhadap gas, uap air, dan pelarut (Choi dan Han, 2001). Salah satu jenis *plasticizer* yang digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* adalah gliserol.

Gliserol memberikan pengaruh positif terhadap matriks film yang dihasilkan, karena mampu membentuk ketebalan yang baik sehingga meningkatkan kemampuan protektif terhadap bahan pangan yang dilapisi (Azzkarahman *et al.*, 2009). Semakin banyak penambahan, maka nilai viskositas akan meningkat. Meningkatnya nilai viskositas juga menandakan bahwa jumlah padatan juga bertambah sehingga ketebalan film juga meningkat (Nugroho *et al.*, 2013). Penambahan gliserol pada larutan pembentuk film menyebabkan gaya tarik

intermolekuler sepanjang rantai polimer menurun, selanjutnya akan meningkatkan permeabilitas polimer dan memperbaiki sifat mekanik film (Bozdemir dan Tuntas, 2003).

2.4 Sifat Fisik dan Kimia Plastik *Biodegradable*

Pengukuran sifat fisik dan kimia pada plastik *biodegradable*, diantaranya adalah:

2.4.1 Ketebalan

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

2.4.2 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.

2.4.3 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 *et al.*, 1994).

2.4.4 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 *plasticizier* tinggi maka mobilitas polimer pada matriks film tinggi sehingga menurunkan nilai kuat tariknya (Louisa, 2013).

2.4.5 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.

2.4.6 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 *et al.*, 2014).

2.4.7 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.

2.4 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 *plasticizer* 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 50-60⁰C 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 100⁰C sambil diaduk, saat proses pemanasan terjadi perubahan pada sifat fisik larutan yaitu terbebentuk 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 50⁰C selama 20 jam. Pengeringan merupakan pengurangan kadar air suatu bahan sampai batas tertentu dengan jalan penguapan menggunakan energi panas (Strong, 2012).

2.5 Perubahan – Perubahan Selama Pembuatan Plastik *Biodegradable*

2.5.1 Gelatinisasi

Gelatinisasi adalah perubahan yang terjadi pada granula pada waktu terjadi kenaikan yang luar biasa dan tidak dapat kembali ke bentuk semula (Winarno, 2002). Suhu gelatinisasi adalah suhu pada saat granula pati pecah dan berbedabedabagi setiap pati serta merupakan suatu kisaran. Gelatinisasi terjadi pada proses pemanasan, pati yang dimasukkan ke dalam 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. Apabila konsentrasi pati tinggi maka gel yang terbentuk semakin kuat (Winarno, 2004). Peristiwa gelatinisasi terjadi karena adanya pemutusan ikatan hidrogen sehingga air masuk ke dalam granula pati dan mengakibatkan pengembangan granula (Smith, 1982). Gelatinisasi dapat mempengaruhi nilai ketebalan, kuat tarik dan elongasi pada sifat fisik plastik *biodegradable*.

2.5.2 Retrogradasi

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.

2.5.3 Polimerisasi

Polimerisasi merupakan reaksi pembentukan polimer berdasarkan kemampuan dari monomer untuk saling berikatan melalui ikatan kovalen. 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 (Turbhan *et al.*, 2001).

2.6 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Pembuatan Plastik *Biodegradable*

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

2.6.1 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).

2.6.2 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.

2.6.3 *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 *et al.*, 1993). Menurut Krocht dan Jonhson (1997), *plasticizer* polyol yang sering digunakan yakni gliserol dan sorbitol.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 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 Januari 2017 - Maret 2017.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

3.2.1 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tapioka, CMC, kain saring, gliserol, aquadest, tepung bungkil jarak pagar varietas jarak pagar tidak beracun (mexico), plastik mika, aluminium foil, plastik klip dan silika gel.

3.2.2 Alat

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 dan 500 ml, *hot plate stirer*, batang *stirer*, oven 50°C dan 100°C, tanur pengabuan, kurs porselen, botol timbang, penggaris, colour reader, *Thickness meter* serta *Universal Testing Machin*.

3.3 Rancangan Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu rasio tepung bungkil biji jarak dan tapioka yang terdiri dari 3 level dan faktor kedua yaitu konsentrasi gliserol terdiri dari 3 level (b/b dari campuran bahan dasar). Setiap perlakuan dilakukan dua kali ulangan.

Faktor A = variasi rasio tepung bungkil biji jarak dan tapioka

A1 = 5 gram tepung bungkil jarak dan 20 gram tapioka

A2 = 7.5 gram tepung bungkil jarak dan 17.5 gram tapioka

A3 = 10 gram tepung bungkil jarak dan 15 gram tapioka

Faktor B = konsentrasi gliserol (b/b dari campuran bahan dasar)

B1 = 20 %

B2 = 25%

B3 = 30%

Dari 2 faktor (A dan B) tersebut, maka diperoleh kombinasi perlakuan sebagai berikut pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1. Kombinasi perlakuan plastik *biodegradable* konsentrasi gliserol dan komposisi tepung bungkil jarak dan tapioka

Konsentrasi gliserol (b/b dari bahan dasar)	Komposisi Tepung Bungkil Jarak dan Tapioka		
	5 g dan 20 g	7.5 g dan 17.5 g	10 g dan 15 g
20%	A1B1	A2B1	A3B1
25%	A1B2	A2B2	A3B2
30%	A1B3	A2B3	A3B3

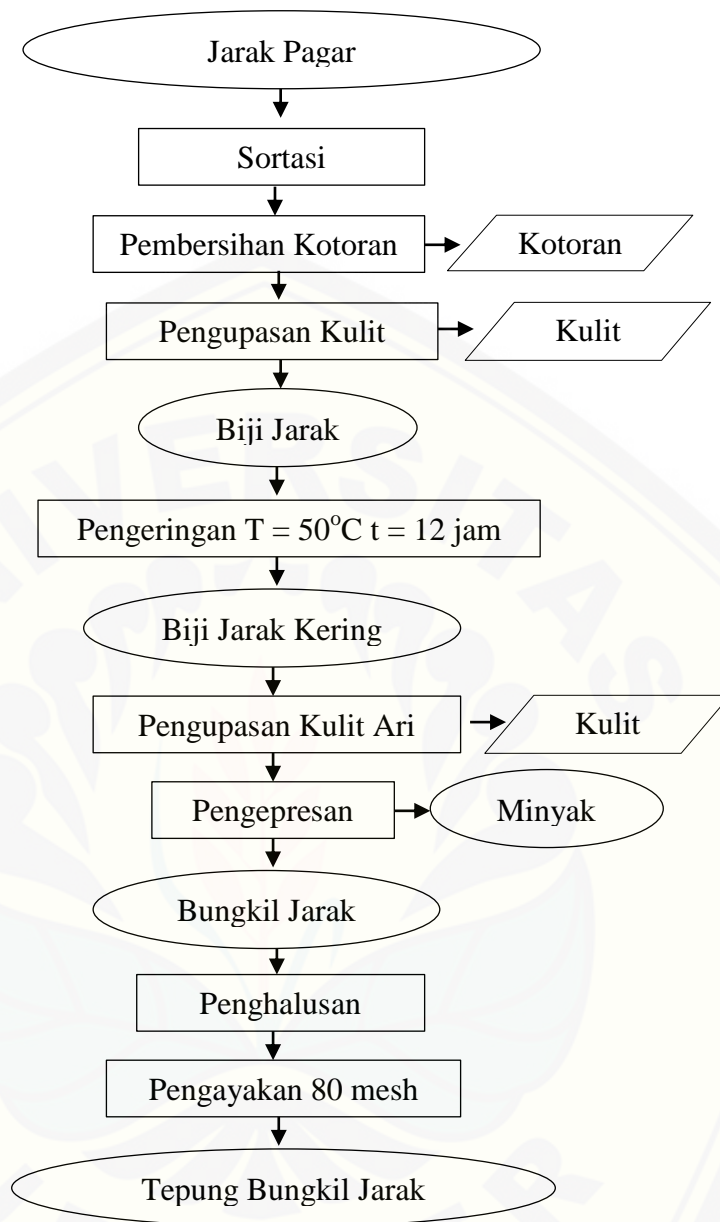
Data yang di peroleh dianalisis sidik ragam dengan menggunakan program SPSS V.15. kemudian dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji tukey HSD.

3.4 Metode Penelitian

3.4.1 Pelaksanaan Penelitian

Proses Pembuatan Tepung Bungkil Jarak

Pembuatan tepung bungkil biji jarak diawali dengan sortasi buah jarak yang tua kemudian dilakukan penghilangan kotoran yang masih menempel pada kulit. Jarak yang telah disortasi dilakukan pengupasan kulit luar untuk memisahkan antara kulit dan biji jarak. Biji jarak dicuci menggunakan air untuk menghilangkan kotoran dan lendir yang masih menempel pada biji. Biji dikeringkan menggunakan oven untuk mengurangi kandungan air pada bahan. Pengeringan dilakukan pada suhu 50°C selama 12 jam, kemudian dilakukan pengupasan kulit ari dan pengepresan bungkil menggunakan alat press hidrolik. Pada tahap ini dihasilkan bungkil jarak yang berwarna putih. Bungkil jarak dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 80 mesh. Diagram alir pembuatan tepung bungkil biji jarak dapat dilihat pada **Gambar 3.1**



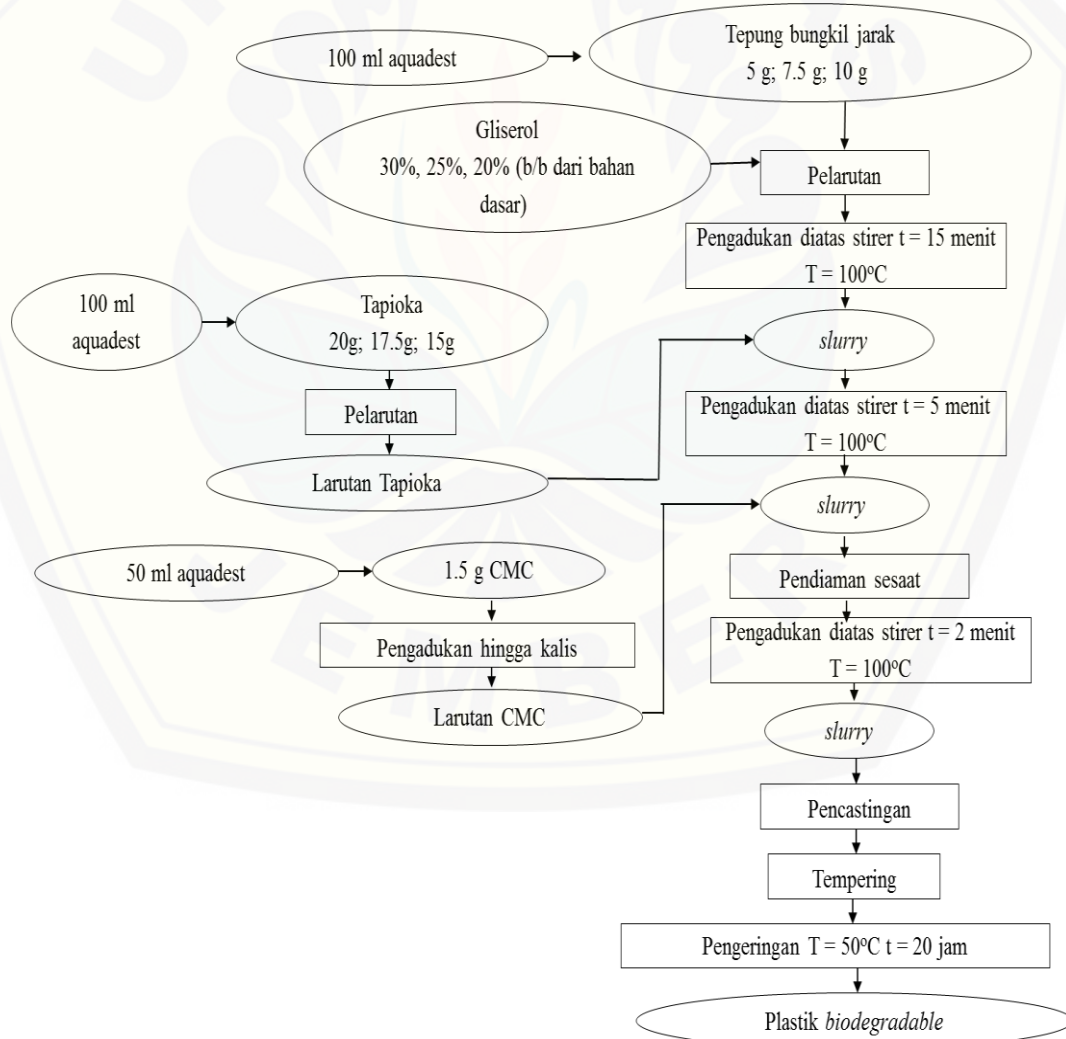
Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan Tepung Bungkil Biji Jarak

Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* berbahan dasar tepung bungkil biji jarak dan tapioka serta gliserol dengan komposisi sesuai rancangan percobaan. 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 selama 15 menit. Setelah *slurry* terbentuk

dicampurkan tapioka sesuai formulasi yang telah dilarutkan dengan 100 ml aquadest, selama 5 menit pada suhu 90°C hingga terbentuk *slurry* yang lebih kental. 50 ml aquadest dilarutkan dalam 1.5 gram CMC dan diaduk hingga kalis kemudian dimasukkan kedalam *slurry*. Kemudian didiamkan beberapa saat, kemudian *slurry* dipanaskan kembali diatas *hot plate stirer* selama 2 menit pada suhu 90°C hingga membentuk gel, kemudian dituang kedalam loyang yang sudah dilapisi mika, dan diratakan menggunakan solet. Adonan didiamkan selama 15 menit disuhu ruang kemudian di oven dengan suhu 50°C selama 20 jam. Adonan yang telah kering dilepas dan disimpan pada mika plastik dimasukkan kedalam lemari es. Diagram alir pembuatan plastik *biodegradable* dapat dilihat pada

Gambar 3.2



Gambar 3.2. Diagram Alir Pembuatan Plastik *Biodegradable*

3.5 Parameter Penelitian

Dalam penelitian ini parameter yang akan diamati adalah sebagai berikut:

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

3.6 Prosedur Analisa

3.6.1 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 2-3 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)

3.6.2 Kadar Abu

Penentuan kadar abu dengan metode langsung yaitu dengan menimbang sampel film sebanyak 2-3 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 dimasukan kedalam oven selama 2 jam. Kurs porselin kemudian dimasukan 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)

3.6.3 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.

3.6.4 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.

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

3.6.5 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 :

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

3.6.6 Kelarutan Film (Sorthornvit *et al.*, 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

3.6.7 Warna

Pengukuran warna pada *biodegradable* film menggunakan colour reader CR-10. Prinsip kerjanya berdasarkan notasi warna L menyatakan kecerahan yang berkisar 0-100 dari hitam ke putih. Intensitas warna sampel ditunjukkan oleh angka yang terbaca pada *colour reader* ketika alat ditempelkan pada permukaan sampel. Pengukuran pada setiap sampel *biodegradable* film dengan lima kali titik kemudian dilakukan rata-rata dari data yang diperoleh. Sampel diukur dengan menghitung nilai L, a, b. intensitas warna dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

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

Dimana :

Nilai L semakin tinggi menunjukkan kecerahan semakin tinggi

Nilai a berkisar antara 80-100 yang menunjukkan warna hijau hingga ke merah

Nilai b berkisar anatara -80 sampai 70 yang menunjukkan warna biru hingga kuning

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian tentang pembuatan plastik *biodegradable* variasi rasio tepung bungkil jarak-tapioka serta konsentrasi gliserol sebagai *plasticizer*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi rasio tepung bungkil jarak dan tapioka berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, ketebalan, kuat tarik, persen elongasi, warna chroma dan kelarutan dengan tingkat kepercayaan 95% atau $p < 0,05$.
2. Konsentrasi gliserol berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar abu, ketebalan, kuat tarik, persen elongasi dan kelarutan dengan tingkat kepercayaan 95% atau $p < 0,05$.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh plastik *biodegradable* dari tepung bungkil jarak dan tapioka terhadap daya simpan bahan pangan yang dilapisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A.N. 2006. *Taklukan Penyakit dengan Teh Hijau*, Penerbit Agri Media Pustaka, Jakarta
- Anggraini, S. 1999. Pengaruh Penambahan CMC dan Kuning Telur Terhadap Karakteristik Santan Instan. Dalam D. Darmadji, Suparno, I.S. Utami Dan N. Darmawan (Ed). *Prosiding Seminar Nasional Pangan*. Yogyakarta
- ASTM. 1981. *Standart Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting Annual Book of ASTM Standart*. Philadelphia : American Society For Resting And Material. P.313-321
- Azzkarahman, A.R., Thohari, I., dan Purwadi. 2009. Pengaruh Penambahan Gliserol Sebagai Plasticizer Terhadap Ketebalan, Water Vapour Permeability (Wvp), Daya Rentang dan Pemanjangan Edible Film Komposit Whey-Kitosan. *Skripsi*. Malang : Universitas Brawijaya
- Azizah, U. 2009. *Polimer Berdasarkan Sifat Thermalnya*. ChemisTry.Org.
- Briskey. 2000. *Functional Evaluation of Protein In Food System*. In Bender, A.E. *Evaluation of Novel Protein Products*. Paramon Press. New York
- Bozdemir, O.A. dan Tutas.M. .2003. Plasticizer Effect On Water Vapour Permeability Properties Of Locust Bean Gum-Bassed Edible Film. *Turki Journal Chemistry 27* : 773-782
- Bourtoom, T. .2007. Effect of Some Process Parameters on the Properties of Edible Film Prepared from Starch. *Paper presented in The 9th Agro-Industrial Conference: Food Innovation*, 15-16 June 2007, Bangkok.
- Chang, P.R., Jian, R., Yu,J., And Ma, X .20013. *Starch-Based Composites Reinforced With Novel Cithin Nanoparticles*. Carbohydrate Polymers 80 : 420-425
- Choi, W. S., dan Han, J. H. 2001. Film-Foarming Mechanism And Heat Denaturation Effects On The Physical And Chemical Properties Of Pea Protein Isolate Edible Film. *Journal Of Dairy Science*, 67 (4), 1399 E1406
- Darni, Y. dan Herti U. 2014. Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Sorgum dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, Vol.7, No.4, Hal: 88-93, ISSN 1412-5064.

- Ekawati, H.R. .2015. Aplikasi Edible Film Maizena Dengan Penambahan Ekstrak Jahe Sebagai Antioksidan Alami Pada Coating Sosis Sapi. *Journal Technology Hasil Pertanian*. Vol. II No.2:221-229
- Glicksman, M. 1969. *Gum Technology in Food Industry*, academic Press. New York.
- Griffin, R.C. 1994. *Technical Methode of Analyst*. New York : Mc.Graw Hill.
- Goutard,N., Guilbert, S., Dan Cuq, J.L. 1993. Water And Gliserol As Plasticizer Affect Mechanical And Water Vapour Barrier Properties Of An Edible Wheat Gluten Film. *Journal Food Sci*. Vol 58:206-211
- Harris, H. 2015. Kemungkinan penggunaan edible film dari pati tapioka untuk pengemas lempuk. *Journal ilmu-ilmu pertanian Indonesia* 3(2) : 99-106
- Haryadi dan Astuti. 2015. *Analisis Kuat Tarik dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol, Institusi Sains dan Teknologi Akprind* : Penerbit Usaha Nasional. Surabaya
- Harsunu, B. 2008. Pengaruh konsentrasi plasticizer gliserol dan komposisi khitosan dalam zat pelarut terhadap sifat fisik edible film dari khitosan. (Skripsi). Departemen Metalurgi dan Material. Fakultas Teknik. Universitas Indonesia. 105 Hlm.Hui, Y. H. *Handbook of Food Science, Technology, and, Engineering* . VolumeI. USA : CRC Press.
- Imy, D. 2006. Pengaruh konsentrasi tapioka terhadap sifat fisik biodegradable film dari bahan komposit selulosa nanas. (Skripsi). Jurusan Teknologi Hasil Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 52 Hlm
- Krisna, D. 2011. Pengaruh regelatinisasi dan modifikasi hidrotermal terhadap sifat fisik pada pembuatan edible film dari pati kacang merah (*Vigna Angularis Sp.*). (Tesis). Magister Teknik Kimia. Universitas Diponegoro. Semarang. 65 Hlm.
- Krochta J,M, E.A Baldwin and M.O.N. Carriedo. 1994. Edibel Coasting and Film to improve Food Quality. *Technomic Publishing Co. Inc* Lancaster. Basel
- Krotcha J.M and J.C De Mulder. 1997. *Edibel and Biodegradable polymer film*. Challenges and Opportunities
- Kumalasari, K. D. 2015. Pembuatan dan Karakteristik Edible Film dari Pati Bonggol Pisang dengan Penambahan Plasticizer Gliserol dan Propilen Glikol. *Skripsi*. Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

- Layuk, P., .2001. Karakterisasi Komposit Film Edible Komposit Pektin DagingBuah Pala (*Myristica fragrans* Houtt) dan Tapioka. *Thesis*. Yogyakarta:Program Pascasarjana UGM
- Lieberman, E. R. and S. G. Gielbert. 1973. *Gas permeation Of Collagen Films As Affected By cross-Linkage, Moisture And Plasticizer Content*. *J.Polym.Sci.Symp.No-41* : 33-43.Meilgaard,Civille, Carr. 1999. *Sensory Evaluation Techniques 3rd Edition*. CRC Press LLC.America.
- Louisa, M. 2013. Edible Film And Costing In Food Packaging. *Journal Of Food Science*. Vol : 22 No. 33-47
- Mahalik, N.P. 2009. Processing and Packaging Automation System: A Review. *Jurnal Sains & Instrumental*, 3:12-25Makkar *et al.*, (1998),
- McHugh, D. J., .1994. *Production, properties and uses of alginate*, In: D. J.McHugh (ed.) *Production and Utilization of Products from CommercialSeaweeds*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Nugroho, A., Basito dan R.B. Katri. 2013. Kajian Pembuatan Edible Film Tapioka dengan Penambahan Pektin Beberapa Jenis Kulit Pisang terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik. *Jurnal Teknosains Pangan*. 2(1):1-12. *Jurusan Teknologi Hasil Pertanian*. Universitas Sebelas Maret.Padua *et al.*, (2011)
- Pranamuda, H.. 2013. *Pengembangan Bahan PlastikBiodegradable Berbahan Baku Pati Tropis*. Badan Pengkajian dan penerapan Teknologi, Jakarta.
- Purnomo, D. 2008. Sintesa Bioplastik Dari Pati Pisang Dan Gelatin Dengan Plasticizer Gliserol. Universitas Lampung, *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi-II*
- Tri R. dan Augusto, W.M. 1990. *Tepung tapioka*. Subang : BPTTG Puslitbang Fisika Terapan – LIPI, Hal. 10-13.
- Sandjaja dan Atmarita. .2009. *Kamus Gizi Pelengkap Kesehatan Keluarga*. Jakarta: PT Kompas Media Nusantara.
- Schmiid, M. Hinz.V,L., Wild, F. and Noller, K. 2013. Effects Of Ghydrolyssed Whey P Roteins On The Technolo-Functional Characteristics Of Whey P Rotein-Based Films. *Chair Of Food Packaging Technology*. Vol.01 : 1996-1944
- Strong, A.B. 2000. *Plastic Material And Processing*. Prentice-hall. New jersey

- Selke, T., .1987. Testing a Point Null Hypothesis: the Irreconcilability of P-values and Evidence. *Journal of American Statistical Association* 33, 112-122. MR 0883340
- Skurtys, O., AcevedoC., PedreschiF., EnrioneJ., OsorioF., and AguileraJ. M. 2010. *Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings*. Department of Food Science and Technology, Universidad de Santiago de Chile.
- Sothorvint, R., Polsen. C.W., Hugh., .2003. Formation Conditions, Water-Vapour Permeability, And Solubility Of Compression-Molded Whey Protein Films. *Journal Food Engineering And Physichal Proerties*.Vol 4 : 33-40
- Sudarmadji, S. .1996. *Prosedur Analisis Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Penerbit Liberty.
- Sudarmadji, S. .2003. *Mikrobiologi Pangan*. PAU Pangan dan Gizi UGM. Yogyakarta.
- Theresia, V. .2003. *Aplikasi dan karakterisasi sifat fisik mekanik plastik biodegradable dari campuran LLDPE dan tapioka*. (Skripsi). Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 68 Hlm.
- Trabi, M., Gubitz, Steiner, and Foidl 1997. *Fermentation of Jatropha curcas seeds and press cake with Rhizopus oryzae*. Dalam : Biofuels and Industrial Products from JatrophaCurcas. Gubitz, G.M., M. Mittelbach, M. Trabi(Eds). DBV Graz.
- Umam .S. .2007. *Standar Mutu Tepung Tapioka*. SNI No. 01-2973-1992. 3 hlm
- Winarno, F. G. 2004. *Kimia Pangan dan Gizi*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

**LAMPIRAN A. DATA HASIL ANALISIS KADAR AIR PLASTIK
BIODEGRADABLE**

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

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	12.95	12.48	12.71	0.23
A2B1	13.17	13.33	13.25	0.08
A3B1	15.06	14.91	14.98	0.08
A1B2	15.13	15.06	15.10	0.04
A2B2	14.09	15.31	14.70	0.61
A3B2	16.56	16.67	16.62	0.06
A1B3	16.65	16.45	16.55	0.10
A2B3	16.37	16.94	16.66	0.28
A3B3	17.34	17.22	17.28	0.06

A.2 Tabel Dua Arah Kadar Air Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	12.71	13.25	14.98	40.94	13.65
B2	15.10	14.70	16.62	46.42	15.47
B3	16.55	16.66	17.28	50.49	16.83
Jumlah	44.36	44.61	48.88	137.85	45.95
Rata-Rata	14.79	14.87	16.29	45.95	15.32

A.3 Tabel Analisis Varian Kadar Air Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	5.16	2.58	33.45	0.00
Gliserol	2	15.06	7.53	97.62	0.00
Interaksi	4	0.31	0.08	0.94	0.49
Error	4	0.08	2.120		
Total	12	20.61			

S = 0.2778 R-Sq = 98.50% R-Sq(adj) = 96.99%

A.4 Tabel Uji Beda Kadar Air Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 20	7,5 : 17,5	-0.13	0.23	0.83	-0.94	0.68
	10 : 15	-1.67(*)	0.23	0.00	-2.48	-0.86
7.5 :	5 : 20	0.13	0.23	0.83	-0.68	0.94
	10 : 15	-1.54 (*)	0.23	0.01	-2.34	-0.73
10 : 15	5 : 20	1.67 (*)	0.23	0.00	0.86	2.48
	7,5 : 17,5	1.54(*)	0.23	0.01	0.73	2.34

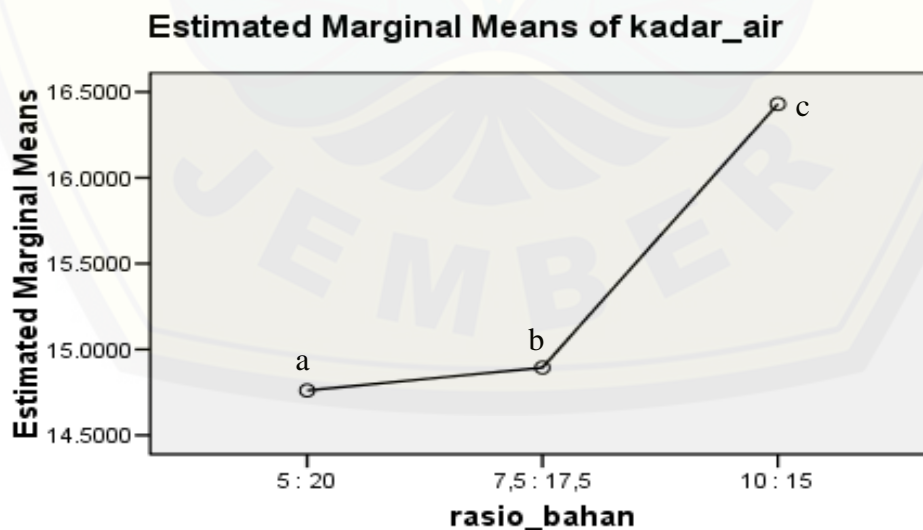
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Rasio_Bahan	N	Rata-Rata		Notasi
		2	1	
5 : 20	3	14.76		a
7.5 : 17.5	3	14.89		b
10 : 15	3		16.43	c
Sig.		0.834	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan



A.5 Tabel Uji Beda Kadar Air Plastik *Biodegradable* Konsentrasi Gliserol Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
30%	25%	-1.73(*)	0.23	0.00	-2.54	-0.92
	30%	-3.16(*)	0.23	0.00	-3.97	-2.36
25%	20%	1.73(*)	0.23	0.00	0.92	2.54
	30%	-1.43(*)	0.23	0.01	-2.24	-0.63
20%	20%	3.16 (*)	0.23	0.00	2.36	3.97
	25%	1.43(*)	0.23	0.01	0.63	2.24

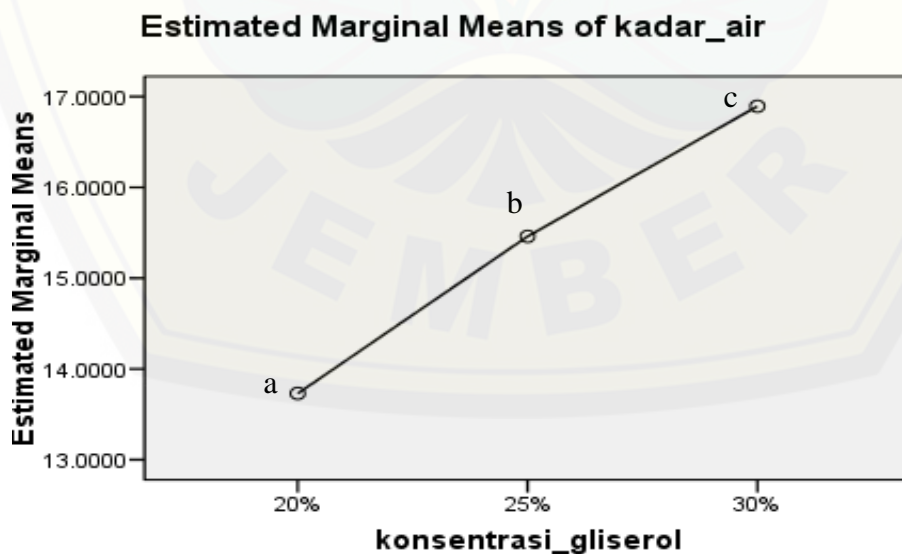
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Konsentrasi_glisерol	N	Rata-rata			Notasi
		1	2	3	
20%	3	13.73			a
25%	3		15.46		b
30%	3			16.89	c
Sig.		1	1	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gliserol



**LAMPIRAN B. DATA HASIL ANALISIS KADAR ABU PLASTIK
BIODEGRADABLE**

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

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	3.28	3.30	3.29	0.01
A2B1	3.58	3.60	3.59	0.01
A3B1	4.07	4.09	4.08	0.01
A1B2	2.17	2.26	2.22	0.04
A2B2	3.14	3.15	3.14	0.00
A3B2	3.49	3.35	3.42	0.07
A1B3	2.24	2.32	2.28	0.04
A2B3	3.31	3.27	3.29	0.02
A3B3	3.34	3.29	3.32	0.02

B.2 Tabel Dua Arah Kadar Abu Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	3.29	3.59	4.08	10.96	3.29
B2	2.22	3.14	3.42	8.78	2.22
B3	2.28	3.29	3.32	8.89	2.28
Jumlah	7.79	10.02	10.81	28.63	7.79
Rata-Rata	2.60	3.34	3.60	9.54	2.60

B.3 Tabel Analisis Varian Kadar Abu Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	1.65	0.83	22.17	0.01
Gliserol	2	1.05	0.52	14.09	0.02
Interaksi	4	0.15	0.04	1.90	0.12
Error	4	0.07	0.00		
Total	12	20.73			

S = 0.1930 R-Sq = 94.77% R-Sq(adj) = 89.55%

B.4 Tabel Uji Beda Kadar Abu Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_Bahan	(J) Rasio_Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 20	7,5 : 17,5	-.76 (*)	0.16	0.02	-1.32	-0.20
	10 : 15	-1.01 (*)	0.16	0.01	-1.57	-0.45
7.5 : 17.5	5 : 20	.76(*)	0.16	0.02	0.20	1.32
	10 : 15	-0.25	0.16	0.35	-0.81	0.31
10 : 15	5 : 20	1.01 (*)	0.16	0.01	0.45	1.57
	7,5 : 17,5	0.25	0.16	0.35	-0.31	0.81

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Rasio_Bahan	N	Rata-Rata		Notasi
		2	1	
5 : 20	3	2.60		a
7,5 : 17,5	3		3.35	b
10 : 15	3		3.60	c
Sig.		1	0.35	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan

Estimated Marginal Means of kadar_abu



B.5 Tabel Uji Beda Kadar Abu Plastik *Biodegradable* Konsentrasi Gliserol Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
30%	25%	.74 (*)	0.16	0.02	0.18	1.30
	30%	.71(*)	0.16	0.02	0.14	1.27
25%	20%	-.74 (*)	0.16	0.02	-1.30	-0.18
	30%	-0.04	0.16	0.97	-0.60	0.53
20%	20%	-.71(*)	0.16	0.02	-1.27	-0.14
	25%	0.04	0.16	0.97	-0.53	0.60

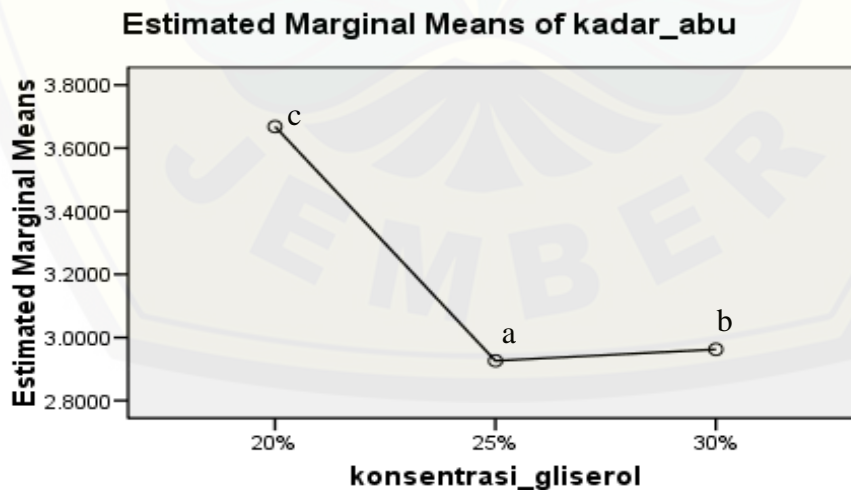
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Konsentrasi_glisерol	N	Rata-rata		Notasi
		2	1	
25%	3	2.93		a
30%	3	2.96		b
20%	3		3.67	c
Sig.		0.97	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gliserol



**LAMPIRAN C. DATA HASIL ANALISIS KETEBALAN PLASTIK
BIODEGRADABLE**

C.1 Tabel Hasil Pengukuran Ketebalan Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	0.21	0.20	0.21	0.00
A2B1	0.16	0.17	0.17	0.00
A3B1	0.16	0.16	0.16	0.00
A1B2	0.22	0.21	0.21	0.00
A2B2	0.17	0.18	0.17	0.00
A3B2	0.16	0.16	0.16	0.00
A1B3	0.24	0.22	0.23	0.01
A2B3	0.19	0.18	0.19	0.00
A3B3	0.18	0.17	0.18	0.01

C.2 Tabel Dua Arah Ketebalan Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	0.21	0.17	0.16	0.53	0.18
B2	0.21	0.17	0.16	0.55	0.18
B3	0.23	0.19	0.18	0.59	0.20
Jumlah	0.65	0.53	0.49	1.67	0.56
Rata-Rata	0.22	0.18	0.17	0.56	0.19

C.3 Tabel Analisis Varian Ketebalan Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	0.00	0.00	98.42	0.00
Gliserol	2	0.00	0.00	26.68	0.01
Interaksi	4	0.00	0.00	0.28	0.94
Error	4	0.00	0.00		
Total	12	0.01			

S = 0.00452155 R-Sq = 98.43% R-Sq(adj) = 96.85%

C.4 Tabel Uji Beda Ketebalan Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_B ahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 20	7,5 : 17,5	.038 (*)	0.00	0.00	0.03	0.05
	10 : 15	.049 (*)	0.00	0.00	0.04	0.06
7,5 : 17,5	5 : 20	-.038 (*)	0.00	0.00	-0.05	-0.03
	10 : 15	0.010	0.00	0.09	0.00	0.02
10 : 15	5 : 20	-.049 (*)	0.00	0.00	-0.06	-0.04
	7,5 : 17,5	-0.01	0.00	0.09	-0.02	0.00

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Rasio_Bahan	N	Rata-Rata		Notasi
		2	1	
10 : 15	3	0.17		a
7,5 : 17,5	3	0.18		b
5 : 20	3		0.22	c
Sig.		0.09	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan

Estimated Marginal Means of ketebalan



C.5 Tabel Uji Beda Ketebalan Plastik *Biodegradable* Konsentrasi Gliserol Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
20%	25%	-0.01	0.00	0.37	-0.02	0.01
	30%	-.026(*)	0.00	0.01	-0.04	-0.01
25%	20%	0.01	0.00	0.37	-0.01	0.02
	30%	-.020 (*)	0.00	0.01	-0.03	-0.01
30%	20%	.026(*)	0.00	0.01	0.01	0.04
	25%	.020 (*)	0.00	0.01	0.01	0.03

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

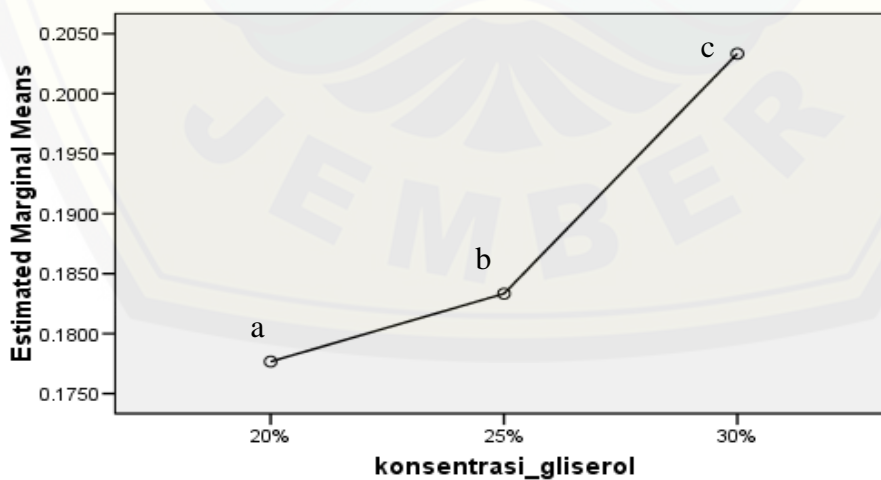
b. Homogen

Konsentrasi_glisерol	N	Rata-rata		Notasi
		2	1	
20%	3	0.18		a
25%	3	0.18		b
30%	3		0.2	c
Sig.		0.37	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gliserol

Estimated Marginal Means of ketebalan



**LAMPIRAN D. DATA HASIL ANALISIS KUAT TARIK PLASTIK
BIODEGRADABLE**

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

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	0.29	0.28	0.29	0.01
A2B1	0.25	0.25	0.25	0.00
A3B1	0.19	0.19	0.19	0.00
A1B2	0.23	0.24	0.24	0.00
A2B2	0.21	0.19	0.20	0.01
A3B2	0.16	0.15	0.15	0.00
A1B3	0.17	0.17	0.17	0.00
A2B3	0.14	0.16	0.15	0.01
A3B3	0.13	0.11	0.12	0.01

D.2 Tabel Dua Arah Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	0.29	0.25	0.19	0.73	0.24
B2	0.24	0.20	0.15	0.59	0.20
B3	0.17	0.15	0.12	0.44	0.15
Jumlah	0.70	0.60	0.46	1.76	0.59
Rata-Rata	0.23	0.20	0.15	0.59	0.20

D.3 Tabel Analisis Varian Kuat Tarik Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	0.01	0.00	24.94	0.01
Gliserol	2	0.02	0.01	33.04	0.00
Interaksi	4	0.75	0.13	0.32	0.92
Error	4	0.00	0.00		
Total	12	0.03			

S = 0.01402 R-Sq = 96.67% R-Sq(adj) = 93.33%

D.4 Tabel Uji Beda Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_Bahan	(J) Rasio_Bahan	Mean Differenc e (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 20	7,5 : 17,5	0.04	0.01	0.07	0.00	0.08
	10 : 15	.081(*)	0.01	0.00	0.04	0.12
7,5 : 17,5	5 : 20	-0.04	0.01	0.07	-0.08	0.00
	10 : 15	.045(*)	0.01	0.04	0.00	0.09
10 : 15	5 : 20	-.081(*)	0.01	0.00	-0.12	-0.04
	7,5 : 17,5	-.045(*)	0.01	0.04	-0.09	0.00

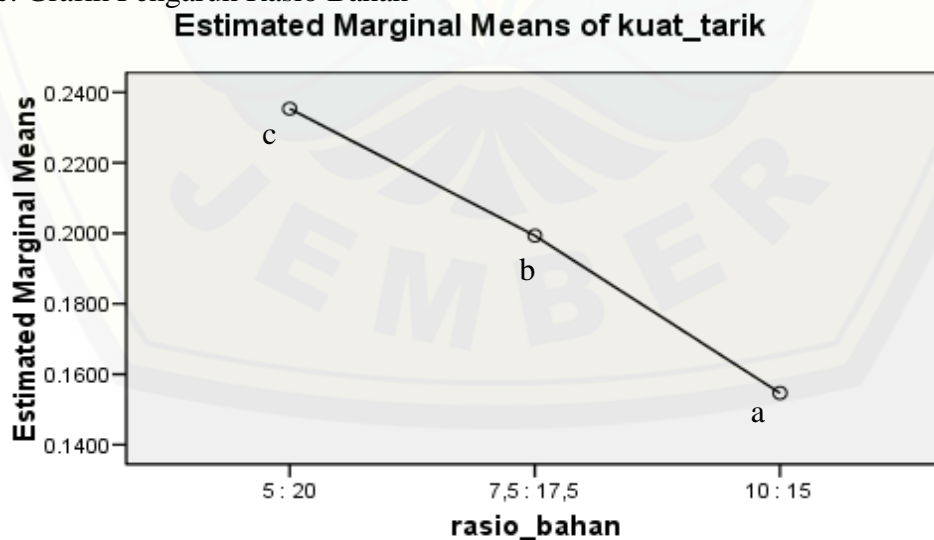
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Rasio_Bahan	N	Rata-Rata		Notasi
		2	1	
10 : 15	3	0.15		a
7.5 : 17.5	3		0.20	b
5 : 10	3		0.24	c
Sig.		1	0.07	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan



D.5 Tabel Uji Beda Kuat Tarik Plastik *Biodegradable* Konsentrasi Gliserol Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
20%	25%	.045 (*)	0.01	0.04	0.00	0.09
	30%	.093 (*)	0.01	0.00	0.05	0.13
25%	20%	-.045(*)	0.01	0.04	-0.09	0.00
	30%	.048 (*)	0.01	0.03	0.01	0.09
30%	20%	-.093 (*)	0.01	0.00	-0.13	-0.05
	25%	-.048 (*)	0.01	0.03	-0.09	-0.01

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Konsentrasi_glisierol	N	Rata-rata			Notasi
		2	3	1	
30%	3	0.15			a
25%	3		0.19		b
20%	3			0.24	c
Sig.		1	1	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gliserol

Estimated Marginal Means of kuat_tarik



**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	20.69	21.08	20.89	0.20
A2B1	18.72	18.70	18.71	0.01
A3B1	16.77	16.38	16.57	0.20
A1B2	25.83	24.22	25.02	0.80
A2B2	22.57	22.39	22.48	0.09
A3B2	18.83	18.60	18.72	0.12
A1B3	29.89	29.06	29.47	0.42
A2B3	25.74	24.64	25.19	0.55
A3B3	21.04	21.45	21.24	0.21

E.2 Tabel Dua Arah Elongasi Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	20.89	18.71	16.57	56.17	18.72
B2	25.02	22.48	18.72	66.22	22.07
B3	29.47	25.19	21.24	75.90	25.30
Jumlah	75.38	66.38	56.53	198.29	66.10
Rata-Rata	25.13	22.13	18.84	66.10	22.03

E.3 Tabel Analisis Varian Elongasi Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	56.58	28.29	25.11	0.01
Gliserol	2	65.25	32.63	28.96	0.00
Interaksi	4	0.00	0.00	0.14	0.99
Error	4	0.00	0.11		
Total	12	126.34			

S = 1.061 R-Sq = 96.43% R-Sq(adj) = 92.87%

E.4 Tabel Uji Beda Elongasi Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_B ahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 10	7.5 : 17.5	2.98	0.87	0.06	-0.10	6.08
	10 : 15	6.14 (*)	0.87	0.00	3.05	9.23
7.5 : 17.5	5 : 10	-2.98	0.87	0.06	-6.08	0.10
	10 : 15	3.15 (*)	0.87	0.05	0.06	6.24
10 : 15	5 : 10	-6.14 (*)	0.87	0.00	-9.23	-3.05
	7.5 : 17.5	-3.15 (*)	0.87	0.05	-6.24	-0.06

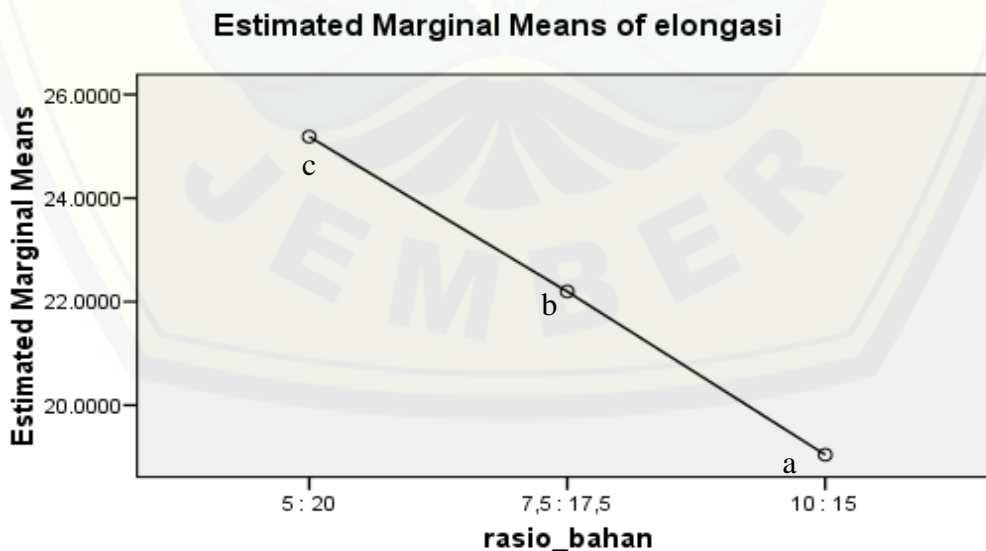
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Rasio_Bahan	N	Rata-Rata		Notasi
		2	1	
10 : 15	3	19.04		a
7.5 : 17.5	3		22.19	b
5 : 10	3		25.18	c
Sig.		1	0.05	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan



E.5 Tabel Uji Beda Elongasi Plastik *Biodegradable* Konsentrasi Gliserol Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
20%	25%	-3.64 (*)	0.87	0.03	-6.74	-0.56
	30%	-6.58 (*)	0.87	0.00	-9.67	-3.49
25%	20%	3.64 (*)	0.87	0.03	0.56	6.74
	30%	-2.93	0.87	0.06	-6.02	0.15
30%	20%	6.58 (*)	0.87	0.00	3.49	9.67
	25%	2.93	0.87	0.06	-0.15	6.02

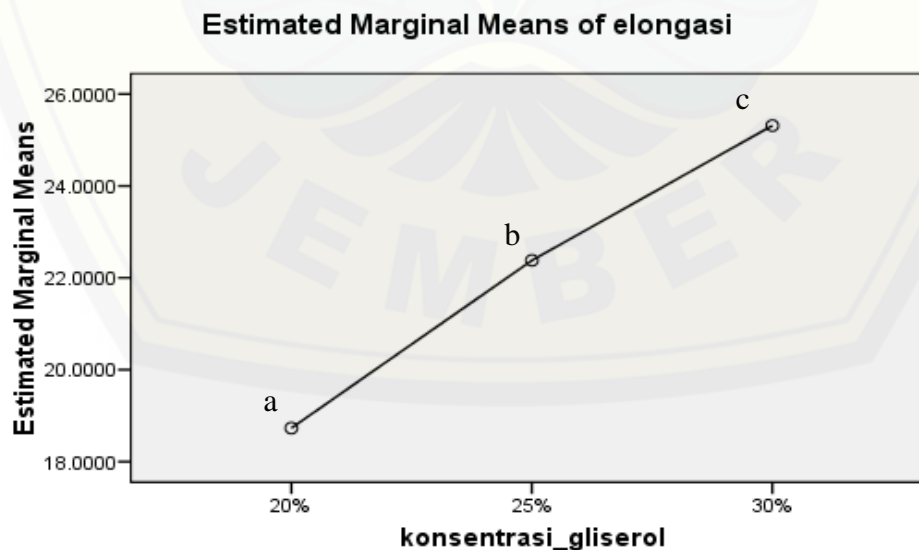
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen

Konsentrasi_glisерol	N	Rata-rata		Notasi
		2	1	
20%	3	18.73		a
25%	3		22.37	b
30%	3		25.31	c
Sig.		1	0.05	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gliserol



**LAMPIRAN F. DATA HASIL ANALISIS KELARUTAN PLASTIK
BIODEGRADABLE**

F.1 Tabel Hasil Pengukuran Kelarutan Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	43.21	43.23	43.22	0.01
A2B1	38.74	38.77	38.76	0.01
A3B1	35.96	35.05	35.50	0.45
A1B2	46.55	46.51	46.53	0.02
A2B2	41.25	41.66	41.45	0.21
A3B2	37.95	37.34	37.65	0.30
A1B3	47.50	47.02	47.26	0.24
A2B3	41.52	41.25	41.38	0.14
A3B3	37.68	38.24	37.96	0.28

F.2 Tabel Dua Arah Kelarutan Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	43.22	38.76	35.50	117.48	39.16
B2	46.53	41.45	37.65	125.63	41.88
B3	47.26	41.38	37.96	126.60	42.20
Jumlah	137.01	121.59	111.11	369.71	123.24
Rata-Rata	45.67	40.53	37.04	123.24	41.08

F.3 Tabel Analisis Varian Kelarutan Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	528.10	264.05	16.26	0.01
Gliserol	2	48.57	24.29	1.50	0.33
Interaksi	4	0.08	0.01	0.13	0.99
Error	4	0.09	2.90		
Total	12	641.71			

S = 4.029 R-Sq = 89.88% R-Sq(adj) = 79.76%

F.4 Tabel Uji Beda Kelarutan Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_Bahan	(J) Rasio_Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 20	7,5 : 17,5	4.93 (*)	0.29	0.00	3.91	5.95
	10 : 15	7.81 (*)	0.29	0.00	6.79	8.83
7,5 : 17,5	5 : 20	-4.93 (*)	0.29	0.00	-5.95	-3.91
	10 : 15	2.87 (*)	0.29	0.00	1.86	3.90
10 : 15	5 : 20	-7.80 (*)	0.29	0.00	-8.83	-6.79
	7,5 : 17,5	-2.87 (*)	0.29	0.00	-3.90	-1.86

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

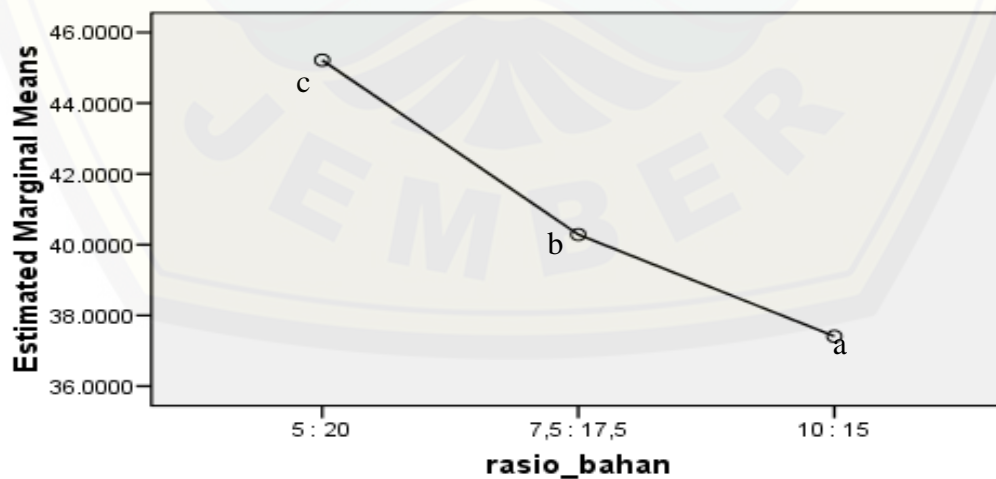
b. Homogen

Rasio_Bahan	N	Rata-Rata			Notasi
		1	2	3	
10 : 15	3	37.40			a
7,5 : 17,5	3		40.28		b
5 : 20	3			45.21	c
Sig.		1	1	1	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan

Estimated Marginal Means of kelarutan



F.5 Tabel Uji Beda Kelarutan Plastik *Biodegradable* Konsentrasi Gliserol Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_ Bahan	(J) Rasio_ Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
20%	25%	-1.81 (*)	0.29	0.01	-2.84	-0.80
	30%	-3.21 (*)	0.29	0.00	-4.23	-2.19
25%	20%	1.81 (*)	0.29	0.01	0.80	2.84
	30%	-1.39 (*)	0.29	0.02	-2.42	-0.37
30%	20%	3.21 (*)	0.29	0.00	2.19	4.23
	25%	1.39 (*)	0.29	0.02	0.37	2.42

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05

b. Homogen

Konsentrasi_glisерol	N	Rata-rata			Notasi
		1	2	3	
20%	3	39.29			a
25%	3		41.11		b
30%	3			42.50	c
Sig.		1.000	1.000	1.000	

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Konsentrasi Gliserol

Estimated Marginal Means of kelarutan



**LAMPIRAN G. DATA HASIL ANALISIS WARNA *LIGHTNESS* PLASTIK
*BIODEGRADABLE***

F.1 Tabel Hasil Pengukuran *Lightness* Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	75.14	73.94	74.54	0.60
A2B1	77.56	74.54	76.05	1.51
A3B1	76.88	72.82	74.85	2.03
A1B2	75.28	71.68	73.48	1.80
A2B2	77.20	76.06	76.63	0.57
A3B2	69.78	72.96	71.37	1.59
A1B3	77.28	71.52	74.40	2.88
A2B3	72.46	67.88	70.17	2.29
A3B3	67.68	76.54	72.11	4.43

G.2 Tabel Dua Arah *Lightness* Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	74.54	76.05	74.85	225.44	75.15
B2	73.48	76.63	71.37	221.48	73.83
B3	74.40	70.17	72.11	216.68	72.23
Jumlah	222.42	222.85	218.33	663.60	221.20
Rata-Rata	74.14	74.28	72.78	221.20	73.73

G.3 Tabel Analisis Varian *Lightness* Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	4.15	2.07	0.41	0.69
Gliserol	2	12.83	6.41	1.28	0.37
Interaksi	4	270.36	22.52	1.05	0.42
Error	4	2.12	4.55		
Total	12	39.20			

S = 2.242 R-Sq = 45.79% R-Sq(adj) = 0.00%

LAMPIRAN H. DATA HASIL ANALISIS WARNA CHROMA PLASTIK *BIODEGRADABLE*

H.1 Tabel Hasil Pengukuran Chroma Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	Elongasi		Rata-Rata	St Dev
	Ulangan 1	Ulangan 2		
A1B1	10.38	9.56	9.97	0.41
A2B1	7.64	13.18	10.41	2.77
A3B1	12.84	17.04	14.94	2.1
A1B2	11.08	11.72	11.4	0.32
A2B2	13.04	10.82	11.93	1.11
A3B2	18	14.66	16.33	1.67
A1B3	11.82	13.78	12.8	0.98
A2B3	17.92	8.68	13.3	4.62
A3B3	17.4	10.08	13.74	3.66

H.2 Tabel Dua Arah Chroma Plastik *Biodegradable*

Perlakuan	A1	A2	A3	Jumlah	Rata-Rata
B1	9.97	10.41	14.94	35.32	11.77
B2	11.40	11.93	16.33	39.66	13.22
B3	12.80	13.30	13.74	39.84	13.28
Jumlah	34.17	35.64	45.01	114.82	38.27
Rata-Rata	11.39	11.88	15.00	38.27	12.76

H.3 Tabel Analisis Varian Chroma Plastik *Biodegradable*

Sumber	DF	Adj SS	Adj Ms	F hitung	P
Rasio	2	23.05	11.53	6.42	0.06
Gliserol	2	4.37	2.18	1.22	0.39
Interaksi	4	17.18	1.79	0.12	0.19
Error	4	5.98			
Total	12	40.58			

S = 1.340 R-Sq = 79.25% R-Sq(adj) = 58.50%

E.4 Tabel Uji Beda Elongasi Plastik *Biodegradable* Rasio Bahan Dasar Dengan Metode Tukey HSD Tingkat Keyakinan 95%

a. Variabel Tak Bebas (Tukey HSD)

(I) Rasio_Bahan	(J) Rasio_Bahan	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Upper Bound	Lower Bound
5 : 20	7,5 : 17,5	-0.49	1.09	0.90	-4.39	3.41
	10 : 15	-3.61	1.09	0.06	-7.51	0.28
7,5 : 17,5	5 : 20	0.49	1.09	0.90	-3.41	4.39
	10 : 15	-3.12	1.09	0.10	-7.02	0.77
10 : 15	5 : 20	3.61	1.09	0.06	-0.28	7.51
	7,5 : 17,5	3.12	1.09	0.10	-0.77	7.02

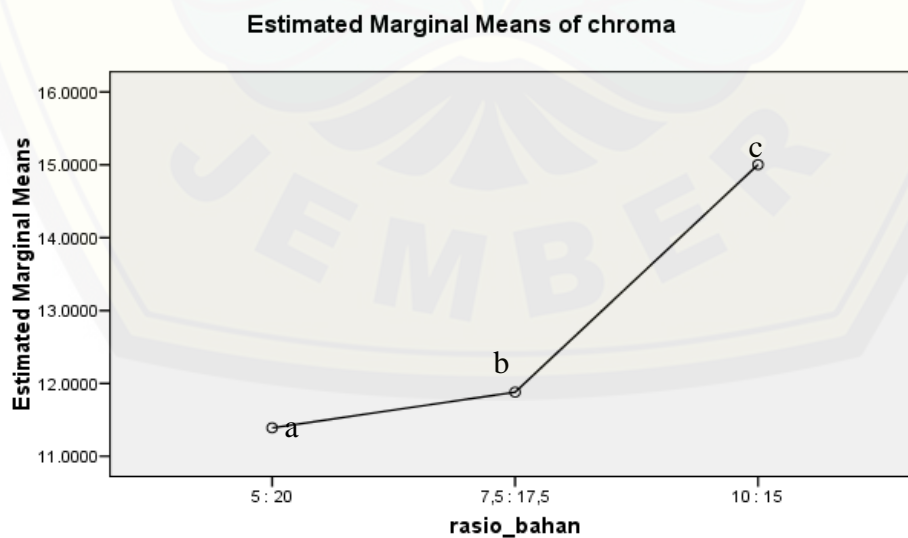
*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

b. Homogen




Rasio_Bahan	N	Rata-Rata	Notasi
1			
5 : 20	3	11.39	a
7,5 : 17,5	3	11.88	b
10 : 15	3	15.00	c
Sig.		0.063	






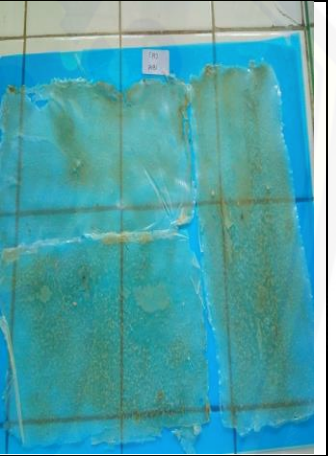
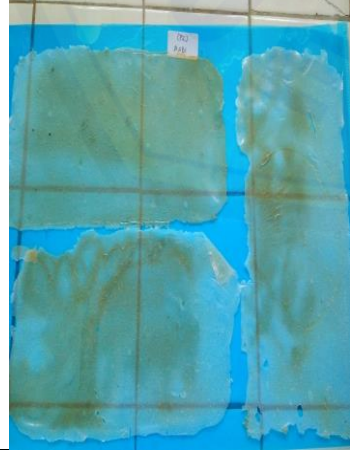
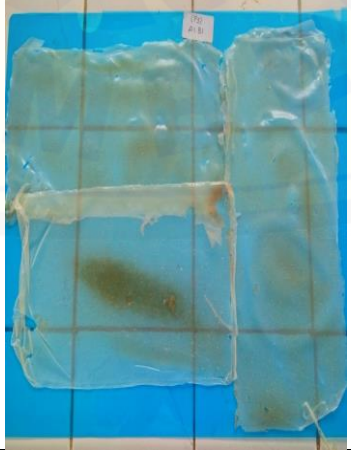

*. Perbedaan rata-rata signifikan pada tingkat 0,05.

c. Grafik Pengaruh Rasio Bahan



LAMPIRAN I. DOKUMENTASI PENELITIAN

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

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

