

**UJI BIODEGRADABILITAS BIOPLASTIK BERBAHAN PATI
UMBI GANYONG DENGAN VARIASI GLISEROL DAN
SELULOSA ASETAT**

SKRIPSI

Oleh :

BAYU DWI PRATAMA

155100200111064



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

**UJI BIODEGRADABILITAS BIOPLASTIK BERBAHAN PATI
UMBI GANYONG DENGAN VARIASI GLISEROL DAN
SELULOSA ASETAT
SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Teknik**

Oleh :

BAYU DWI PRATAMA

155100200111064



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul : Uji Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan
Pati Umbi Ganyong dengan Variasi Gliserol
dan Selulosa Asetat

Nama Mahasiswa : Bayu Dwi Pratama

NIM : 155100200111064

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Menyetujui

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,



Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP

Dr. Ir. Gunomo Djowasito, MS

NIP. 19691113 199802 1 002

NIP. 19550212 198103 1 004

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Uji Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan
Pati Umbi Ganyong dengan Variasi Gliserol
dan Selulosa Asetat

Nama Mahasiswa : Bayu Dwi Pratama

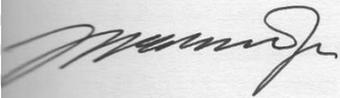
NIM : 155100200111064

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,



Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP

Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS

NIP. 19691113 199802 1 002

NIP. 19550212 198103 1 004

Penguji,

Ketua Jurusan,



Dr. Yusuf Wibisono, STP, M.Sc

La Choviya Hawa, STP, MP, PhD

NIP. 19800107 200212 1 003

NIP. 19780307 200012 2 001

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Bayu Dwi Pratama, lahir di Kediri pada tanggal 9 Desember 1996, dari ayah yang bernama Miswari dan ibu yang bernama Heny Puguh Rahayu. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara.

Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN Kunciran 7 Tangerang pada tahun 2008, menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 2 Kertosono pada tahun 2011, serta menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Kertosono pada tahun 2014. Pada tahun 2015 penulis meneruskan pendidikannya pada program Strata-1 di Jurusan Keteknikan Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya.

Selama menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya, penulis aktif menjadi asisten laboratorium yaitu asisten praktikum Fisika Dasar, Elektronika dan Instrumentasi, Mekanika Fluida, Pindah Panas, Teknik Irigasi dan Drainase, Kekuatan Bahan, asisten responsi statistika, serta asisten responsi Termodinamika. Selain itu, penulis juga aktif di organisasi, pada tahun 2015 dan 2016 di Agricultural Research and Study Club (ARSC) sebagai anggota bidang Riset dan Teknologi. Penulis juga pernah mengikuti beberapa kepanitiaan yaitu sebagai ketua pelaksana Pekan Ilmiah Mahasiswa Baru (PIMBA) FTP 2016, staf pendamping pada Orientasi Pengenalan Jurusan (OPJ) TEP 2016, staf acara pada Expo Harmoni Karya Anak Bangsa, serta staf acara pada Scientific Great Moment (SGM) 7 dan 8.



Alhamdulillah...

*Dengan segenap kasih sayang dan diiringi Do'a yang tulus,
ku persembahkan karya kecil ini kepada ayah, ibu, kakak dan
adikku, serta teman-teman yang telah membantu dan
memberikan semangat hingga karya ini dapat terselesaikan*

PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Bayu Dwi Pratama

NIM : 155100200111064

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Judul TA : Uji Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan Pati
Umbi Ganyong dengan Variasi Gliserol dan
Selulosa Asetat

Menyatakan bahwa,

Tugas akhir dengan judul diatas merupakan karya asli penulis
tersebut diatas. Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan ini
tidak benar saya bersedia dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Malang, 23 Agustus 2019

Pembuat Pernyataan,

Bayu Dwi Pratama

NIM. 155100200111064

Bayu Dwi Pratama. 155100200111064. Uji Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan Pati Umbi Ganyong Dengan Variasi Gliserol dan Selulosa Asetat. TA. Pembimbing: Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP dan Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS.

RINGKASAN

Penumpukan sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang terdapat di Indonesia. Hal tersebut disebabkan oleh tingginya tingkat penggunaan plastik polimer sintetik. *Biodegradable* plastik (bioplastik) merupakan salah satu alternatif untuk mengurangi permasalahan penumpukan limbah plastik yang terjadi. Bioplastik merupakan plastik yang memiliki kegunaan yang sama seperti plastik sintetik namun dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme pengurai. Salah satu pati yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan bioplastik adalah pati umbi ganyong. *Plasticizer* seperti gliserol digunakan untuk meningkatkan elastisitas bioplastik, sedangkan penguat berupa selulosa asetat berfungsi untuk meningkatkan sifat mekanik serta biodegradabilitas bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap sifat *biodegradable* bioplastik.

Penelitian ini menggunakan rancangan percobaan berupa rancangan acak lengkap faktorial, yaitu variasi gliserol sebagai *plasticizer* dan selulosa asetat sebagai penguat pada bioplastik. Variasi volume gliserol yang digunakan yaitu 1, 2, 3, 4, dan 5ml. Sedangkan variasi massa selulosa asetat yang digunakan yaitu 1, 1.5, 2, 2.5, dan 3gram.

Berdasarkan hasil penelitian, penambahan variasi gliserol dan selulosa asetat memberikan pengaruh yang nyata terhadap daya serap, kelarutan, serta biodegradabilitas bioplastik. Perlakuan terbaik untuk daya serap bioplastik yaitu pada



penggunaan kombinasi volume gliserol 1ml dan selulosa asetat 1gram dengan nilai 12.5346%. Perlakuan terbaik untuk kelarutan yaitu pada penggunaan kombinasi volume gliserol 5ml dan selulosa asetat 3gram dengan nilai 43.9713%. Sedangkan perlakuan terbaik untuk biodegradabilitas yaitu pada penggunaan kombinasi volume gliserol 5ml dan selulosa asetat 1.5gram 88.7484%.

Kata kunci: *Biodegradable*, Bioplastik, Gliserol, Selulosa Asetat



Bayu Dwi Pratama. 155100200111064. Biodegradability Test of Bioplastic Based on Ganyong Starch with Variation of Glycerol and Cellulose Acetate. TA. Supervisor: Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP. Co-Supervisor: Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS.

SUMMARY

The accumulation of plastic waste is one of the problems found in Indonesia. The use of synthetic plastic is one of the causes of that problem. Biodegradable plastic (bioplastics) is one alternative to reduce the problem of plastic waste buildup. Bioplastics are plastics that have the same uses as synthetic plastics but can be decomposed by decomposing microorganism activity. One of the starches that can be used as an alternative material for bioplastic manufacturing is ganyong starch. Plasticizers such as glycerol are used to increase bioplastic elasticity. Cellulose acetate is used as a reinforcement to improve mechanical properties and biodegradability of bioplastics. This research aims to determine the effect of variations in the addition of glycerol and cellulose acetate to the biodegradable properties of bioplastics.

This research used an experimental design in the form of a full factorial experimental design, with variations of glycerol as a plasticizer and cellulose acetate as a compatibilizer on bioplastics. Glycerol volume variations used are 1, 2, 3, 4, and 5ml. Cellulose acetate mass variations used are 1, 1.5, 2, 2.5, and 3gram.

Based on the results of this research, the addition of variations of glycerol and cellulose acetate have a significant effect on absorption, solubility, and biodegradability of bioplastics. The best treatment for bioplastic absorption is the use of a combination of 1ml of glycerol volume and 1gram cellulose



acetate with a value of 12.5346%. The best treatment for solubility is the use of a combination of 5ml glycerol volume and 3gram cellulose acetate with a value of 43.9713%. While the best treatment for biodegradability is the use of a combination of volume of 5ml glycerol and cellulose acetate 1.5gram 88.7484%.

Keywords: Biodegradable, Bioplastics, Glycerol, Cellulose Acetate



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) yang berjudul “Uji Biodegradabilitas Bioplastik Berbahan Pati Umbi Ganyong dengan Variasi Gliserol dan Selulosa Asetat”.

Tujuan penyusunan TA ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik bagi penulis. Gelar tersebut sesuai dengan studi yang ditempuh oleh penulis yaitu Teknik Pertanian Universitas Brawijaya.

Selama penyusunan TA ini penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan, arahan, semangat, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Musthofa Lutfi, MP selaku dosen pembimbing utama, Bapak Dr. Ir. Gunomo Djoyowasito, MS selaku dosen pembimbing kedua, serta Bapak Dr. Yusuf Wibisono, STP, M.Sc selaku dosen penguji.
2. Ibu La Choviya Hawa, STP, MP, Phd. selaku ketua Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya Malang.
3. Kedua orang tua saya Bapak Miswari dan Ibu Heny, serta Kakak Ricky dan Adik Putri.
4. Annisa Kurniasavira Utami, Ampri Lylyanto Khusna, David Khoirul Mustofa, dan Hristo Dio Faishal.
5. Fathillah N, Dyah Iswatun L, Imeldha Ameilia Rala S, Rika I, dan Triza Nofiya R selaku rekan penelitian.
6. Teman-teman Keteknikan Pertanian 2015.

Malang, 23 Agustus 2019

Penulis



DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
RIWAYAT HIDUP	v
RINGKASAN	viii
SUMMARY	x
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Plastik.....	7
2.2 Bioplastik.....	8
2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit.....	10
2.4 Selulosa.....	11
2.5 Selulosa Asetat.....	13

2.6	Pati	14
2.7	Pati Ganyong	15
2.8	Gliserol Sebagai <i>Plasticizer</i>	17
2.9	Karakteristik Material Bioplastik	18
III. METODE PENELITIAN		21
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2	Alat dan Bahan	21
3.3	Rancangan Penelitian	23
3.4	Pelaksanaan Penelitian	24
3.5	Metode Pengujian	27
IV. PEMBAHASAN		31
4.1	Uji Daya Serap Air	31
4.2	Uji Kelarutan	39
4.3	Uji Biodegradabilitas	47
V. PENUTUP		59
5.1	Kesimpulan	59
5.2	Saran	60
DAFTAR PUSTAKA		61
LAMPIRAN		71



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1	Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI.....	8
2	Komposisi tandan kosong kelapa sawit	11
3	Perbandingan kandungan umbi ganyong dengan umbi lain.....	17
4	Kombinasi Perlakuan	24
5	Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap daya serap bioplastik.....	33
6	Hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik	35
7	Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik	37
8	Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap kelarutan bioplastik.....	42
9	Hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik	44
10	Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik.....	46



11	Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol Terhadap biodegradabilitas bioplastik	50
12	Hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik	52
13	Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik	54



11 Grafik Penurunan Massa Bioplastik dengan
Selulosa Asetat dan Tanpa Selulosa Asetat
selama 10 hari.....



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Teks	Halaman
1	Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air....	72
2	Perhitungan Rata-rata Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air	78
3	Tabel Rancangan Percobaan Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air	80
4	Perhitungan ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>) Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air.....	82
5	Tabel ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>) Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air	85
6	Hasil Perhitungan nilai DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) Daya Serap Bioplastik Terhadap Air	86
7	Hasil Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air	87
8	Perhitungan Rata-rata Hasil Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air	93
9	Tabel Rancangan Percobaan Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air	95
10	Perhitungan ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>) Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air	97
11	Tabel ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>) Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air	100



12	Hasil Perhitungan nilai DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) Kelarutan Bioplastik Terhadap Air.....	101
13	Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik.....	102
14	Perhitungan Rata-rata Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik.....	114
15	Tabel Rancangan Percobaan Uji Biodegradabilitas Bioplastik.....	116
16	Perhitungan ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>) Uji Biodegradabilitas Bioplastik.....	118
17	Tabel ANOVA (<i>Analysis of Variance</i>) Uji Biodegradabilitas Bioplastik.....	121
18	Hasil Perhitungan nilai DMRT (<i>Duncan Multiple Range Test</i>) Biodegradabilitas Bioplastik	122
19	Proses Degradasi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Ganyong dengan Penambahan Gliserol dan Selulosa Asetat	123



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penumpukan sampah plastik merupakan salah satu permasalahan yang terdapat di Indonesia. Berdasarkan data statistik persampahan domestik Indonesia tahun 2016, jenis sampah plastik menduduki peringkat kedua yaitu sebesar 5.4 juta ton per tahun atau 14% dari total produksi sampah (Hartanto, 2016). Plastik telah banyak digunakan secara besar-besaran untuk berbagai keperluan, diantaranya alat rumah tangga, alat-alat listrik, komponen kendaraan bermotor, mainan anak-anak dan masih banyak lagi. Namun, salah satu fungsi plastik yang paling banyak digunakan adalah sebagai wadah atau kemasan. Tingginya tingkat penggunaan plastik dikarenakan plastik memiliki berbagai kelebihan, diantaranya ringan, elastis, transparan, kuat, mudah dibentuk, tidak korosif, tahan terhadap panas, murah, dan mudah diproduksi. Namun dengan berbagai kelebihannya tersebut, plastik juga memiliki kekurangan yaitu sifatnya yang tidak dapat diperbaharui. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik yang terbuat dari minyak bumi, sehingga sangat sulit terdegradasi oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan. Hal tersebut lah yang menjadi salah satu pemicu menumpuknya limbah/sampah plastik.

Berbagai cara telah ditempuh dalam mengatasi dan mengurangi persoalan penumpukan limbah plastik, antara lain dengan daur ulang, pembakaran limbah plastik, dan penimbunan didalam tanah. Namun, ketiga cara tersebut dinilai tidak efektif dan efisien. Pada penggunaan plastik daur ulang, dinilai tidak efisien karena prosesnya lebih sulit dan pengolahannya lebih mahal dibandingkan membeli bahan baku plastik yang baru. Pengolahan limbah plastik dengan cara pembakaran akan menghasilkan gas beracun yang berbahaya bagi manusia serta dapat meningkatkan pemanasan global. Sedangkan penimbunan limbah plastik didalam tanah dapat mempengaruhi kualitas air tanah dan dapat menghilangkan kandungan humus yang mengakibatkan tanah menjadi tidak subur (Elfiana, 2016). Untuk mengurangi permasalahan penumpukan limbah plastik yang terjadi maka diperlukan penelitian mengenai plastik yang bersifat mudah diuraikan dan ramah lingkungan (*biodegradable*).

Plastik *biodegradable* atau yang biasa disebut bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai oleh aktivitas mikroorganisme pengurai. Bioplastik memiliki kegunaan yang sama seperti plastik sintetis atau plastik konvensional. Pengembangan bioplastik dapat dibuat dari sumber daya alam yang terbarui (*renewable resources*), diantaranya dari tanaman dalam bentuk pati, selulosa, lignin, dari mikroorganisme dalam bentuk PLA (*polylactic acid*), dan dari



hewan dalam bentuk kitin, kitosan, kasein, gelatin (Arisa, 2012). Pati merupakan salah satu polisakarida yang dapat digunakan dalam plastik *biodegradable*. Kandungan amilosa yang tinggi dapat menentukan sifat mekanik yang baik dari bioplastik yang dihasilkan dengan tingkat kecerahan yang tinggi (Elfiana, 2016). Salah satu pati yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif pembuatan bioplastik adalah pati umbi ganyong. Hal tersebut dikarenakan umbi ganyong memiliki kandungan sifat fisik dan kimia terutama keseimbangan antara amilosa dan amilopektin yang baik berturut-turut 41% dan 53% (Yulianti, 2012).

Selain pati sebagai bahan dasar, pembuatan bioplastik juga memerlukan *plasticizer* dan penguat untuk menghasilkan bioplastik yang terbaik. Penambahan *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dari bioplastik. Pemilihan *plasticizer* dilakukan berdasarkan kompatibilitas (kesesuaian) antara *plasticizer* dengan substansi yang akan diplastifikasi. Oleh karena itu, gliserol dipilih sebagai *plasticizer* karena memiliki gugus hidroksil dan dapat memberikan sifat yang lebih elastis terhadap plastik jika dibandingkan *plasticizer* lain, seperti sorbitol (Sari, 2015). Selain itu, gliserol bersifat ramah lingkungan karena senyawa ini dapat dengan mudah terdegradasi oleh mikroorganisme (Marhamah, 2008). Sedangkan untuk penguat digunakan bahan tambahan berupa selulosa. Penambahan selulosa berfungsi untuk memperbaiki sifat



fisik dan mekanik seperti meningkatkan nilai kuat tarik plastik. Selain itu, semakin tinggi kadar selulosa pada bioplastik maka akan lebih cepat terdegradasi (Aeni, 2017). Namun karena selulosa tidak dapat langsung diproses menjadi bioplastik, maka selulosa terlebih dahulu diasetilasi dengan asetat anhidrat untuk menghasilkan selulosa asetat. Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan. Salah satu bahan yang dapat dijadikan sumber selulosa yaitu tandan kosong kelapa sawit. Selulosa yang terkandung dalam tandan kosong kelapa sawit adalah 38.76% dengan kandungan serat mencapai 72.67%. Karena tingginya kandungan selulosa tersebut menyebabkan tandan kosong kelapa sawit sangat potensial untuk diambil selulosanya.

Dari latar belakang diatas, maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan memanfaatkan pati umbi ganyong sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik dengan penambahan selulosa asetat sebagai *compatibilizer* dan gliserol sebagai *plasticizer*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi gliserol dan selulosa asetat terhadap sifat *biodegradable* bioplastik. Oleh karena itu, beberapa uji karakteristik akan dilakukan yaitu uji daya serap air, kelarutan, dan biodegradabilitas bioplastik.



1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana proses pembuatan bioplastik berbahan pati umbi ganyong dengan penambahan gliserol dan selulosa asetat?
2. Bagaimana pengaruh variasi penambahan gliserol terhadap sifat biodegradabilitas bioplastik berbahan pati umbi ganyong?
3. Bagaimana pengaruh variasi penambahan selulosa asetat terhadap sifat biodegradabilitas bioplastik berbahan pati umbi ganyong?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui proses pembuatan bioplastik berbahan pati umbi ganyong dengan penambahan gliserol dan selulosa asetat
2. Mengetahui pengaruh variasi penambahan gliserol terhadap sifat biodegradabilitas bioplastik berbahan pati umbi ganyong
3. Mengetahui pengaruh variasi penambahan selulosa asetat terhadap sifat biodegradabilitas bioplastik berbahan pati umbi ganyong



1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Dapat memberikan informasi kepada masyarakat bahwa selulosa asetat dari limbah tandan kosong kelapa sawit dan pati umbi ganyong dapat dijadikan sebagai alternatif dalam pembuatan bioplastik.
2. Dapat memberikan informasi terkait pengaruh penambahan variasi bahan *plasticizer* dan *compatibilizer* berupa gliserol dan selulosa asetat terhadap bioplastik yang dihasilkan
3. Dapat dijadikan sebagai bahan referensi bagi peneliti selanjutnya yang berkaitan dengan bioplastik

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan:

1. Metode yang digunakan pada pembuatan bioplastik adalah *solution casting*
2. Pati yang digunakan adalah pati umbi ganyong yang dijual dipasaran dengan merk dagang tertentu
3. Gliserol yang digunakan merupakan gliserol proanalisis
4. Tidak membahas tentang sifat mekanik dan gugus fungsi bioplastik
5. Waktu yang digunakan untuk uji biodegradabilitas yaitu selama 10 hari



II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

Plastik merupakan senyawa polimer yang terbentuk dari polimerisasi molekul-molekul kecil hidrokarbon yang membentuk rantai panjang. Pada umumnya bahan baku pembuatan plastik adalah minyak bumi, terutama hidrokarbon rantai pendek. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik, terbuat dari minyak bumi yang bersifat *non-renewable* sehingga tidak dapat di degradasi oleh mikroorganisme di lingkungan (Nurfauzy, 2017).

Plastik dapat diklasifikasikan menjadi dua golongan, yaitu plastik termoplas dan plastik termoset. Plastik termoplas merupakan plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Plastik tersebut antara lain polietilena (PE), polipropilena (PP), dan nilon. Plastik termoplas memiliki sifat lentur, mudah dibakar, tidak tahan panas, dan dapat didaur ulang. Sedangkan plastik termoset merupakan plastik yang tidak dicetak kembali setelah mengalami suatu kondisi tertentu. Plastik tersebut antara lain *poly urethane* (PU), *urea formaldehyde* (UF), dan *polyester*. Plastik termoset memiliki sifat kaku, tidak mudah dibakar, dan tahan terhadap suhu tinggi (Anggarini, 2013).

Plastik pada umumnya digunakan sebagai bahan pengemas karena sifatnya yang kuat, ringan, dan praktis.

Selain itu, beberapa keunggulan plastik antara lain kuat,

tidak mudah pecah, transparan, tahan air, dan ekonomis (Nurlita, 2017). Sifat mekanik plastik sesuai dengan

Standar Nasional Indonesia ditunjukkan pada **Tabel 1.1**.

Tabel 1.1. Sifat Mekanik Plastik Sesuai SNI

Karakteristik	Nilai
Kuat Tarik (MPa)	24.7-302
Persen Elongasi (%)	21-220
Hidrofobisitas (%)	99

2.2 Bioplastik

Bioplastik atau plastik *biodegradable* adalah plastik yang seluruh atau hampir seluruh komponennya berasal dari bahan baku yang dapat diperbaharui. Plastik *biodegradable* adalah suatu bahan yang dalam kondisi dan waktu tertentu dapat mengalami perubahan struktur kimia sehingga mempengaruhi sifat-sifat yang dimilikinya yang disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme (bakteri, jamur, alga). Istilah *biodegradable* diartikan sebagai kemampuan komponen-komponen molekuler dari suatu material untuk dipecah menjadi molekul-molekul yang kecil oleh mikroorganisme, sehingga zat karbon yang terkandung dalam material tersebut akhirnya dapat dikembalikan kepada biosfer (Aryani, 2014).

Bioplastik merupakan plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional, namun akan hancur



terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida. Plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan. Potensi penggunaan pati sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* berkisar 80-90%. Selama ini pembuatan plastik *biodegradable* yang dikembangkan adalah berbasis pati, baik pati alami ataupun pati yang telah dimodifikasi. Plastik *biodegradable* berbahan dasar pati dapat didegradasi oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* yang dapat memutus rantai polimer menjadi monomernya (Nurfauzy, 2017).

Plastik *biodegradable* diartikan sebagai plastik yang dapat di daur ulang dan dihancurkan secara alami. Berdasarkan bahan baku yang digunakan, plastik *biodegradable* dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu kelompok dengan bahan baku petrokimia dan kelompok dengan bahan baku produk tanaman seperti pati dan selulosa. Kelompok pertama menggunakan sumber daya yang tidak terbaharui (*non-renewable resources*) sedangkan kelompok yang kedua menggunakan sumber daya alam yang terbaharui (*renewable resources*). Terdapat tiga kelompok biopolimer yang dapat menjadi bahan dasar dalam pembuatan bioplastik, diantaranya campuran pati dengan polimer sintesis, polimer mikrobiologi (poliester), dan polimer pertanian seperti selulosa, kitin dan pullulan (Hikmah, 2015).



2.3 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar (TBS) yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0.21 ton (21%) serta minyak inti sawit (PKO) sebanyak 0.05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat, dan cangkang biji yang jumlahnya masing-masing 23%, 13.5%, dan 5.5% dari tandan buah segar (Toiby, 2015).

Tandan kosong kelapa sawit yang merupakan 23 persen dari tandan buah segar, mengandung bahan lignoselulosa sebesar 55-60 persen berat kering. Tandan kosong kelapa sawit termasuk biomassa lignoselulosa, yang kandungan utamanya adalah selulosa 38.76%, hemiselulosa 26.69% dan lignin 22.23%. Kandungan selulosa yang cukup tinggi pada tandan kosong kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan pulp untuk kertas (Pulungan, 2014). Komposisi dari tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada **Tabel 1.2**.



Tabel 1.2. Komposisi tandan kosong kelapa sawit

No	Parameter	Kandungan (%)
1	Lignin	22.23
2	Selulosa	38.76
3	Holoseulosa	65.45
4	Pentosan	26.69
5	Kadar Abu	6.59
6	Zat Ekstraktif	6.47

Salah satu kandungan yang sangat penting dari tandan kosong kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan menjadi produk lain yang bernilai tinggi adalah selulosa. Selulosa merupakan polimer alam yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kain, bioetanol, dan bioplastik dengan mensintesisnya menjadi selulosa asetat. Selulosa yang terkandung dalam tandan kosong kelapa sawit adalah 38.76% dengan kandungan serat mencapai 72.67%. Karena tingginya kandungan selulosa tersebut menyebabkan tandan kosong kelapa sawit potensial untuk diambil selulosanya (Dewanti, 2018).

2.4 Selulosa

Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan. Rumus molekul selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tingkat tinggi sekitar 35-50% dari



berat kering tanaman. Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan selalu berikatan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa.

Selulosa dengan rantai panjang memiliki sifat fisik yang lebih kuat, tahan lama terhadap degradasi yang disebabkan oleh pengaruh panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis (Handayani, 2015).

Sifat-sifat selulosa terhadap berbagai pelarut berbeda-beda. Selulosa tidak larut dalam air dingin atau panas, pelarut organik seperti benzena, alkohol benzena, eter dan lain-lain. Selulosa hampir tidak larut dalam larutan asam mineral atau alkali encer, namun larut dalam asam klorida 45%, asam fosfat 85%, cupri amonium hidroksida, asam sulfat 72-75%, dan cupri etilen diamin. Tingginya kadar selulosa dalam bahan akan menguntungkan dalam pembuatan pulp antara lain akan membentuk serat yang kuat, daya serap air yang tinggi, secara alami berwarna putih, tidak larut dalam air dan pelarut organik netral, relatif tahan dengan beberapa jenis bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya (Pulungan, 2014).

Selulosa menjadi penting untuk diekstraksi sebagai bahan baku pembuatan bioplastik karena pemakaian plastik yang semakin besar akan menyebabkan pencemaran lingkungan. Bahan plastik sintetis akan mencemari lingkungan karena plastik mempunyai sifat sulit terdegradasi dan membutuhkan waktu 100 hingga 500



tahun hingga dapat terdekomposisi dengan sempurna. Sedangkan bioplastik dari selulosa memiliki sifat *biodegradable* dan dapat terurai hingga 67% dalam waktu dua sampai tiga minggu pada media *sludge* aktif pengolahan air limbah (Dewanti, 2018).

2.5 Selulosa Asetat

Selulosa tidak dapat langsung diproses menjadi bioplastik. Hal ini disebabkan karena selulosa tidak dapat larut dalam kebanyakan pelarut. Untuk membentuk bioplastik, selulosa diasetilasi dengan asetat anhidrat untuk menghasilkan selulosa asetat. Selulosa bisa diproses dengan asetilasi menjadi selulosa ester seperti selulosa diasetat dan selulosa triasetat yang selanjutnya dikonversi menjadi material termoplastik. Untuk tujuan pembuatan bioplastik yang berupa lembaran maka yang dikehendaki adalah selulosa diasetat (Dewanti, 2018).

Selulosa asetat adalah selulosa yang gugus hidroksilnya diganti oleh gugus asetil. Selulosa asetat berbentuk padatan putih, tak beracun, tak berasa, dan tak berbau. Selulosa asetat mempunyai nilai komersial yang cukup tinggi dikarenakan memiliki beberapa keunggulan, diantaranya karakteristik fisik dan optik yang baik sehingga banyak digunakan sebagai serat untuk tekstil, *filter* rokok, plastik, film fotografi, lak, pelapis kertas dan membran. Di samping itu selulosa asetat mempunyai daya tarik yang



cukup tinggi karena sifatnya yang *biodegradable* sehingga ramah lingkungan (Manurung, 2013).

Selulosa asetat merupakan ester organik yang dibuat dengan mereaksikan selulosa dengan asam asetat anhidrida dengan bantuan asam sulfat sebagai katalis.

Secara kimia, selulosa asetat adalah ester dari asam asetat dan selulosa. Selain pada film fotografi, senyawa ini juga digunakan sebagai komponen dalam bahan perekat, serta sebagai serat sintetik. Untuk mendapatkan selulosa asetat diperlukan tiga tahap yaitu asetilasi, hidrolisis dan purifikasi (Seto, 2013).

2.6 Pati

Pati adalah karbohidrat yang merupakan polimer glukosa, dan terdiri atas amilosa dan amilopektin. Pati dapat diperoleh dari biji-bijian, umbi-umbian, sayuran, maupun buah-buahan. Sumber alami pati antara lain adalah jagung, labu, kentang, ubi jalar, pisang, barley, gandum, beras, sagu, amaranth, ubi kayu, ganyong, dan sorgum. Dengan memodifikasi sifat-sifat pati melalui perlakuan fisik, kimia, atau kombinasi keduanya akan meningkatkan nilai ekonomi dari pati itu sendiri (Safitri, 2017).

Perbandingan amilosa dan amilopektin pada pati dapat mempengaruhi sifat pati. Rasio antara amilosa dan amilopektin berpengaruh terhadap sifat kelarutan dan



derajat gelatinisasi pati. Semakin rendah amilosa yang terkandung dalam pati, maka pati akan semakin kental, begitu pula sebaliknya. Kandungan amilopektin yang tinggi menyebabkan tekstur sumber pati lebih lunak dengan rasa yang enak (Oktaviyani, 2012).

Pembuatan bioplastik berbasis pati pada dasarnya menggunakan prinsip gelatinisasi, di mana air yang terserap dan pembengkakannya terbatas. Pati dapat menyerap air secara maksimal jika suspensi air dipanaskan pada temperatur 55°C sampai 80°C. Suhu gelatinisasi pati dapat mempengaruhi perubahan viskositas larutan pati. Gelatinisasi mengakibatkan ikatan amilosa akan cenderung saling berdekatan karena adanya ikatan hidrogen. Setelah terjadi proses gelatinisasi, kemudian larutan gelatin dicetak atau dituangkan pada tempat pencetakan dan dikeringkan selama 24 jam. Proses pengeringan akan mengakibatkan penyusutan sebagai akibat dari lepasnya air, sehingga gel akan membentuk bioplastik yang stabil (Jabbar, 2017).

2.7 Pati Ganyong

Ganyong memiliki nama ilmiah *Canna edulis Kerr*, merupakan tanaman tegak yang tingginya dapat mencapai 0.9-1.8m. Umbinya dapat mencapai panjang 60cm, dikelilingi oleh bekas-bekas sisik dan akar tebal yang berserabut. Bentuk dan komposisi kadar umbinya beraneka ragam. Di Indonesia varietas ganyong yang banyak



dibudidayakan ada dua yaitu ganyong merah dan ganyong putih. Ganyong umumnya memiliki kandungan karbohidrat sekitar 22.6-23.8%. Ganyong merupakan umbi-umbian berkadar karbohidrat yang cukup tinggi dengan proporsi amilopektin mencapai 50.54%. Kadar amilopektin yang cukup tinggi dan daya lengket yang kuat berpotensi dalam pembentukan sifat kekenyalan (Rosalina, 2017).

Pati ganyong merupakan salah satu produk olahan dari umbi ganyong. Pembuatan pati ganyong sedikit sulit karena harus melalui proses ekstraksi untuk memisahkan pati dari serat yang ada. Pati ganyong memiliki kandungan amilosa yang tinggi, yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan *edible film*. Struktur amilosa memungkinkan pembentukan ikatan hidrogen dengan amilopektin dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat menangkap air untuk menghasilkan *gel* yang kuat (Nugraheni, 2016). Perbandingan kandungan antara umbi ganyong dengan umbi lain dapat dilihat pada **Tabel 1.3**.



Tabel 1.3. Perbandingan kandungan antara umbi ganyong dengan umbi lain

No	Jenis Pati	Kadar Air (%)	Kadar Pati (%)	Kadar Amilosa (%bk)
1	Ganyong	8.6	89.1	42.7
2	Ubi Kayu	7.8	85.4	32.3
3	Ubi Jalar	7.2	86.7	34.8
4	Garut	8.2	86.1	36.7

2.8 Gliserol Sebagai *Plasticizer*

Plasticizer didefinisikan sebagai zat non volatil, memiliki titik didih yang tinggi, dan pada saat ditambahkan pada material lain dapat mengubah sifat fisik dari material tersebut. *Plasticizer* merupakan bahan yang tidak mudah menguap, dapat merubah struktur dimensi objek, menurunkan ikatan rantai antar protein dan mengisi ruang-ruang yang kosong pada produk. *Plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan elastisitas dengan mengurangi derajat ikatan hidrogen dan meningkatkan jarak antar molekul dari polimer. Syarat *plasticizer* yang dapat digunakan yaitu tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya, tidak merubah warna polimer dan tidak menyebabkan korosi. Salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan selama ini adalah gliserol. Gliserol cukup efektif digunakan untuk

meningkatkan sifat plastis *film* karena memiliki berat molekul yang kecil (Lismawati, 2017).

Gliserol atau 1,2,3-propanatriol merupakan senyawa dengan tiga gugus hidroksil yang mempunyai kekentalan yang tinggi, tidak berbau, tidak berwarna, dan berasa manis. Gliserol adalah *plasticizer* dengan titik didih yang tinggi, larut dalam air, polar, dan non volatil. Gliserol lebih cocok digunakan sebagai *plasticizer* karena berbentuk cair. Bentuk cair gliserol lebih menguntungkan karena mudah tercampur dalam larutan film dan terlarut dalam air (Ningsih, 2015).

2.9 Karakteristik Material Bioplastik

2.9.1 Analisis Daya Serap air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan air suatu bioplastik. Uji ketahanan air diperlukan untuk mengetahui sifat bioplastik yang dibuat telah mendekati sifat plastik sintetik atau belum, karena konsumen plastik memilih plastik dengan sifat yang sesuai dengan keinginan, salah satunya yaitu tahan terhadap air. Daya serap merupakan parameter penting terhadap sifat dari bioplastik, semakin tinggi daya serapnya maka tingkat ketahanan bioplastik terhadap air semakin rendah sehingga tingkat kerusakan semakin besar pula. Plastik berbahan polipropilen (PP) mempunyai nilai daya serap air



sebesar 0.01 atau sebesar 1%, sehingga plastik ini efektif digunakan sebagai pengemas makanan yang banyak mengandung air (Nurlita, 2017).

2.9.2. Analisis Kelarutan

Uji kelarutan pada bioplastik dilakukan untuk mengetahui apakah bioplastik yang dibuat mudah larut dalam air dengan baik atau tidak. Jenis dan konsentrasi dari *plasticizer* akan berpengaruh terhadap kelarutan dari film berbasis pati. Semakin banyak penggunaan *plasticizer* maka akan meningkatkan kelarutan. Begitu pula dengan penggunaan *plasticizer* yang bersifat hidrofilik juga akan meningkatkan kelarutannya di dalam air. Penggunaan gliserol memberikan kelarutan yang lebih tinggi dibandingkan sorbitol (Nurfauzy, 2017).

2.9.3 Analisis Biodegradabilitas

Uji biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh mikroorganisme terhadap plastik dalam jangka waktu tertentu, sehingga akan diperoleh persentase kerusakan. Kemudian dapat diperkirakan lamanya waktu yang dibutuhkan oleh plastik untuk dapat terurai di alam secara sempurna. Berdasarkan standar *European Union* (EU) tentang biodegradasi plastik, plastik *biodegradable* harus terdekomposisi



menjadi air, karbondioksida, dan substansi humus dalam jangka waktu maksimal 6 hingga 9 bulan.

Semakin banyak bagian pati pada suatu bioplastik, maka semakin mudah bagi plastik tersebut untuk terdegradasi (Nurlita, 2017).



III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan Mei 2019 di Laboratorium Daya dan Mesin Pertanian (DDM), Universitas Brawijaya, Malang.

Sedangkan pengujian yang dilakukan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. *Beaker glass*, digunakan sebagai wadah untuk mencampurkan bahan ketika dipanaskan
2. Cawan Petri, digunakan sebagai wadah uji *biodegradable* bioplastik
3. Cawan Aluminium, digunakan sebagai wadah uji daya serap
4. Desikator, digunakan untuk menghilangkan kadar air pada bahan plastik *biodegradable*
5. Gelas ukur, digunakan untuk mengukur volume larutan
6. Gelas Plastik, digunakan sebagai wadah uji kelarutan



7. Gunting, digunakan untuk menggunting bioplastik yang sudah jadi
8. Labtech *Hotplate Stirrer* LMS-1003, digunakan untuk homogenisasi bahan plastik *biodegradable*
9. Neraca analitik Ohaus CP214, digunakan untuk menimbang massa bahan
10. Oven Memmert UN110, digunakan untuk mengeringkan bahan plastik *biodegradable*
11. Pipet tetes, digunakan untuk mengambil sampel, gliserol, dan EM4
12. Plat kaca 20x20cm, digunakan sebagai wadah untuk mencetak sampel
13. Pengaduk, digunakan untuk menghomogenkan larutan

3.2.2 Bahan yang Digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Pati umbi ganyong merk “Mama Kamu”, digunakan sebagai bahan utama pembuatan plastik *biodegradable*
2. Gliserol, digunakan sebagai bahan tambahan plastik *biodegradable* yang berfungsi sebagai *plasticizer*



3. Selulosa asetat dari hasil penelitian (Sudrajat, 2019), digunakan sebagai bahan tambahan plastik *biodegradable* yang berfungsi sebagai penguat
4. Aquades, sebagai campuran pada larutan bioplastik
5. EM4, digunakan sebagai media pengujian degradasi dari plastik *biodegradable*

3.3 Rancangan Penelitian

Bioplastik yang di uji pada penelitian ini berbahan dasar pati umbi ganyong dengan tambahan gliserol dan selulosa asetat. Selain itu, juga terdapat variasi tanpa selulosa asetat yang digunakan sebagai kontrol. Penelitian disusun dengan Rancang Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor yang dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan. Faktor pertama yaitu massa selulosa asetat yang terdiri dari lima level, antara lain A1 (1gram), A2 (1.5gram), A3 (2gram), A4 (2.5gram), dan A5 (3gram). Sedangkan faktor kedua yaitu volume gliserol yang juga terdiri dari lima level, antara lain G1 (1ml), G2 (2ml), G3 (3ml), G4 (4ml), dan G5 (5ml). Hasil penelitian dianalisis dengan menggunakan ANOVA dengan taraf nyata 1% dan 5%, serta dilanjutkan dengan uji DMRT. Variasi gliserol dan selulosa asetat menghasilkan kombinasi perlakuan yang dapat dilihat pada

Tabel 3.1.



Tabel 3.1. Kombinasi Perlakuan

Gliserol Selulosa Asetat	G1	G2	G3	G4	G5
	(1ml)	(2ml)	(3ml)	(4ml)	(5ml)
A1 (1gram)	A1G1	A1G2	A1G3	A1G4	A1G5
A2 (1.5gram)	A2G1	A2G2	A2G3	A2G4	A2G5
A3 (2gram)	A3G1	A3G2	A3G3	A3G4	A3G5
A4 (2.5gram)	A4G1	A4G2	A4G3	A4G4	A4G5
A5 (3gram)	A5G1	A5G2	A5G3	A5G4	A5G5

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas pada penelitian ini berupa variasi selulosa asetat dari tandan kosong kelapa sawit (1, 1.5, 2, 2.5, dan 3gram), dan gliserol (1, 2, 3, 4, dan 5ml).

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini yaitu karakteristik *biodegradable*, daya serap air, dan kelarutan terhadap air dari bioplastik yang dihasilkan.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Proses pembuatan bioplastik dilakukan dengan teknik *solution casting* (Isroi, 2017) dengan modifikasi. Pada proses ini, bahan polimer dilarutkan ke dalam pelarut yang sesuai untuk menghasilkan larutan bioplastik. Larutan yang dihasilkan dituang pada suatu permukaan yang rata



(cetakan) yang bersifat non-adhesif dan pelarut dibiarkan menguap sampai habis.

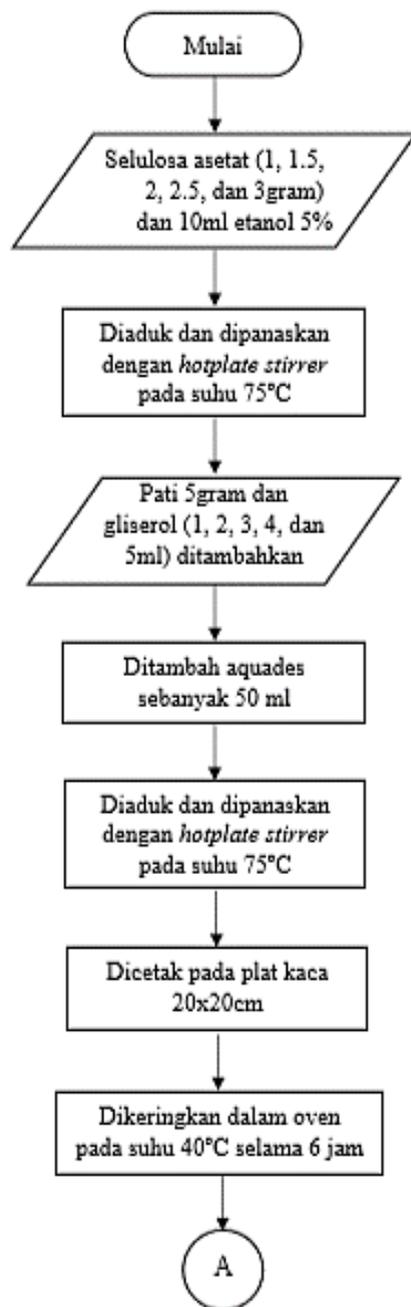
Selulosa asetat dengan variasi 1, 1.5, 2, 2.5, dan 3gram dimasukkan pada gelas beker 100ml. Kemudian ditambahkan 10ml etanol 5%. Selanjutnya diaduk dan dipanaskan di *hotplate stirrer* pada suhu 75 °C selama 10 menit. Setelah itu, ditambahkan 5gram pati umbi ganyong, 50ml aquades, dan gliserol dengan variasi 1, 2, 3, 4, dan 5ml.

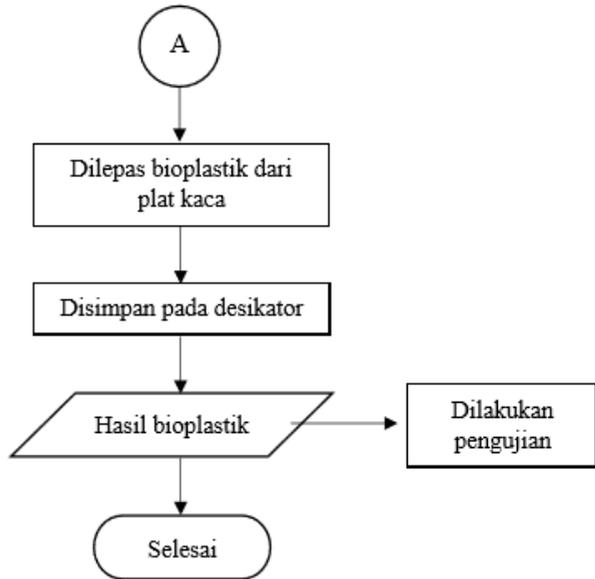
Kemudian kembali diaduk dan dipanaskan di *hotplate stirrer* pada suhu 75 °C selama 10 menit. Setelah campuran dari pati, gliserol, dan selulosa asetat homogen, masing-masing campuran kemudian dituang pada cetakan. Cetakan yang digunakan berupa plat kaca berukuran 20 x 20 cm yang telah diberi lakban hitam dibagian tepinya sebanyak 3 rangkap (\pm 1mm). Sebelum digunakan cetakan dibersihkan terlebih dahulu. Campuran yang telah dituang kemudian diratakan.

Selanjutnya masing-masing plat kaca cetakan dikeringkan dalam oven selama 6 jam pada suhu 40°C. Setelah itu, masing-masing plat kaca cetakan dikeluarkan dari oven dan dibiarkan pada suhu kamar hingga campuran dapat dilepas.

Setelah itu, bioplastik dilepas secara perlahan dari plat kaca dan disimpan pada desikator.







Gambar 3.1. Diagram Alir Pembuatan Bioplastik dengan Bahan Baku Pati Umbi Ganyong

3.5 Metode Pengujian

A. Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan plastik dalam menyerap air. Prosedur pengujian yaitu menggunting sampel bioplastik terlebih dahulu dengan ukuran 3x3 cm dan ditimbang massa awal sampel bioplastik dengan dengan neraca analitik. Langkah selanjutnya rendam sampel bioplastik ke dalam aquades selama 10 menit kemudian ditiriskan hingga



tidak ada air yang menetes, setelah itu ditimbang massa bioplastik setelah proses perendaman. Menurut Andriyani (2018), perhitungan daya serap air ditentukan dengan menggunakan persamaan 1 dibawah ini:

$$DSA = \frac{B_2 - B_1}{B_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

- DSA : Daya serap air (%)
- B1 : Massa sampel sebelum perendaman (gram)
- B2 : Massa sampel setelah perendaman (gram)

B. Uji Kelarutan

Uji kelarutan dilakukan dengan cara menimbang massa awal bioplastik terlebih dahulu, kemudian merendam bioplastik kedalam aquades selama 24 jam. Setelah direndam selama 24 jam, dilakukan pengadukan. Kemudian bioplastik diambil dan dikeringkan pada suhu kamar dan ditimbang kembali massa bioplastik setelah perendaman dan pengadukan. Menurut Andriyani (2018), perhitungan kelarutan ditentukan dengan menggunakan persamaan 2 dibawah ini:

$$K = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

- K : Kelarutan (%)
- B1 : Massa sampel sebelum perendaman (gram)
- B2 : Massa sampel setelah perendaman (gram)



C. Uji Ketahanan *Biodegradable*

Uji ketahanan *biodegradable* dimaksudkan untuk menguji waktu yang dibutuhkan bioplastik untuk terdegradasi oleh bakteri pengurai. Prosedur pengujian dilakukan dengan menggantung sampel bioplastik terlebih dahulu dengan ukuran 3x3 cm, dan meletakkannya ke dalam cawan petri. Langkah selanjutnya ditimbang massa bioplastik sebelum ditetesi EM4. Kemudian bioplastik ditetesi dengan larutan EM4 sebanyak 20 mL dan dibiarkan pada suhu ruang. Diamati perubahan setiap hari selama dua minggu dengan cara diambil bioplastik pada cawan petri kemudian di angin-anginkan selama 5 menit kemudian ditimbang kembali. Setelah ditimbang, dilakukan proses pengambilan foto fisik bioplastik sebagai dokumentasi pada setiap level pengamatan yang nantinya akan diamati perubahan warnanya. Selanjutnya, bioplastik dimasukkan ke dalam cawan petri dan ditetesi dengan EM4 kembali. Menurut Andriyani (2018), perhitungan biodegradabilitas dapat dilakukan dengan persamaan 3 dibawah ini:

$$BD = \frac{B_1 - B_2}{B_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3)$$

BD : Biodegradabilitas (%)

B1 : Massa sampel sebelum perendaman (gram)

B2 : Massa sampel setelah perendaman (gram)

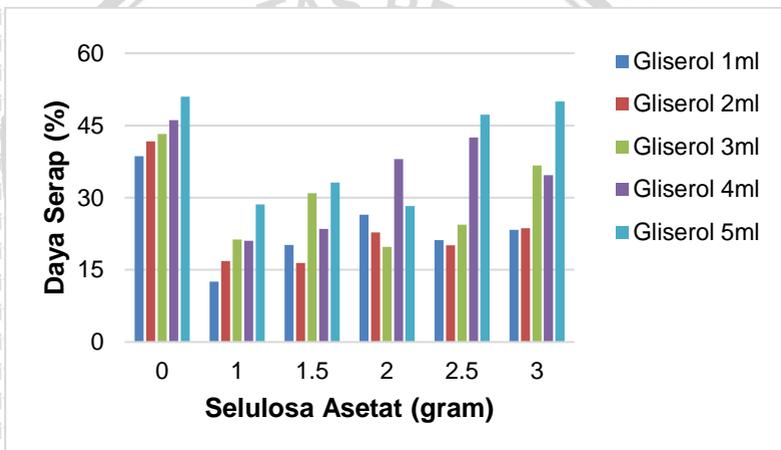




IV. PEMBAHASAN

4.1 Uji Daya Serap Air

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan data hasil penelitian yang dapat dilihat pada **Lampiran 1**. Dari data tersebut didapat grafik nilai rata-rata daya serap pada masing-masing perlakuan bioplastik yang dapat dilihat pada **Gambar 4.1**



Gambar 4.1 Nilai Rata-rata Daya Serap Bioplastik dengan Variasi Gliserol dan Selulosa Asetat

Pada **Gambar 4.1** dapat dilihat bahwa masing-masing perlakuan memiliki nilai rata-rata daya serap bioplastik yang berbeda-beda. Berdasarkan penambahan selulosa asetat, nilai rata-rata daya serap bioplastik terendah terdapat pada penambahan selulosa asetat 1gram yang memiliki nilai rata-rata sebesar 20.0593%. Sedangkan nilai rata-rata daya serap bioplastik tertinggi terdapat pada penambahan selulosa asetat 3gram yang memiliki nilai rata-rata sebesar



33.6567%. Jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang tidak diberi penambahan selulosa asetat yang memiliki nilai rata-rata sebesar 44.1302%, maka bioplastik dengan penambahan selulosa asetat memiliki nilai daya serap yang lebih rendah.

Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil dari ANOVA dapat dilihat pada **Lampiran 5**. Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 99%, variasi gliserol memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai Fhitung sebesar 151.6820 dan nilai Ftabel sebesar 3.74 yang jika dibandingkan maka nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel. Selanjutnya, variasi selulosa asetat juga memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari Fhitung yang memiliki nilai sebesar 77.4015 jika dibandingkan dengan Ftabel yang memiliki nilai sebesar 3.74 maka nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel. Selain itu, interaksi antara kedua perlakuan yaitu selulosa asetat dan gliserol juga memberikan pengaruh yang sangat nyata. Hal tersebut dapat dilihat dari Fhitung yang lebih besar dari Ftabel, dimana Fhitung memiliki nilai sebesar 19.2302 sedangkan Ftabel memiliki nilai sebesar 2.4. Sehingga dapat disimpulkan penambahan gliserol dan selulosa asetat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai daya serap bioplastik, hal tersebut dikarenakan gliserol dan selulosa asetat merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik, yang mudah berikatan dengan air. Sehingga penambahan gliserol dan selulosa asetat menyebabkan bioplastik menjadi lebih mudah untuk menyerap air. Menurut Sauid (2017), laju penyerapan air pada bioplastik dipengaruhi oleh interaksi antara gugus hidroksil dari pati dan gliserol dengan molekul air. Selanjutnya, Agustin (2016), menyatakan bahwa gliserol



memiliki gugus -OH yang cukup banyak yang dapat berikatan dengan air melalui interaksi hidrogen. Hal tersebut menyebabkan bioplastik dengan *plasticizer* gliserol memiliki daya serap yang cukup tinggi. Selain itu, menurut Ogawa (2007), selulosa asetat merupakan bahan yang bersifat hidrofilik karena adanya gugus hidroksil yang bersifat hidrofilik. Oleh karena itu, bioplastik dengan kandungan selulosa asetat dapat menyerap air.

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan tiap perlakuan dalam memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap bioplastik, maka dilakukan uji lanjut berupa uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Uji DMRT dilakukan terhadap masing-masing faktor, antara lain faktor penambahan gliserol, penambahan selulosa asetat, serta interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat.

4.1.1 Hasil Uji DMRT untuk Faktor Tunggal

Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap daya serap bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.1**

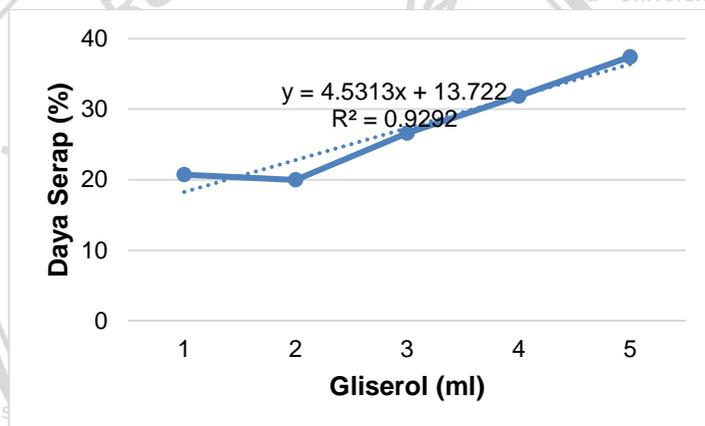
Tabel 4.1 Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap daya serap bioplastik

Gliserol	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
2ml	19.9638	25.0969	a
1ml	20.7204	26.0720	a
3ml	26.6106	32.1097	b
4ml	31.9649	37.5743	bc
5ml	37.4410		c

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap daya serap bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui



bahwa penambahan gliserol sebanyak 1ml dan 2ml memberikan pengaruh yang sama terhadap daya serap bioplastik. Namun penambahan gliserol 3ml, 4ml dan 5ml memberikan pengaruh yang berbeda terhadap daya serap bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Penambahan gliserol 2ml memberikan pengaruh yang paling baik terhadap daya serap bioplastik. Sedangkan penambahan gliserol 5ml memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap daya serap bioplastik. Selanjutnya, hubungan volume gliserol dengan daya serap bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.2**



Gambar 4.2 Hubungan Volume Gliserol dengan Daya Serap Bioplastik

Dari gambar tersebut diketahui bahwa penambahan gliserol dengan volume yang berbeda pada bioplastik akan menghasilkan nilai daya serap bioplastik yang berbeda pula. Semakin tinggi volume gliserol, maka nilai daya serapnya juga semakin tinggi. Hal tersebut telah sesuai dengan penelitian Wardah (2015), dimana semakin banyak gliserol yang



ditambahkan maka jumlah air yang diserap cukup banyak. Nilai penyerapan air dari komposit juga akan meningkat seiring dengan kandungan gliserol yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan sifat gliserol yang higroskopis dan mudah larut dalam air. Kehadiran tiga gugus hidroksil dalam molekul gliserol menyebabkan kecenderungan untuk menyerap air semakin tinggi (Munthoub, 2011). Selanjutnya untuk hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.2**

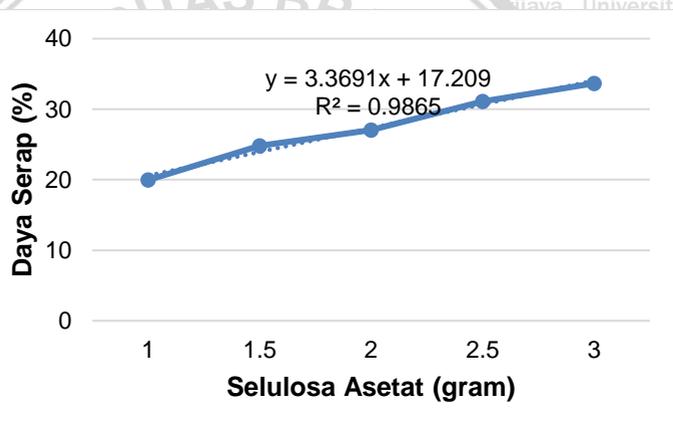
Tabel 4.2 Hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik

Selulosa Asetat	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
1 gr	20.0593	25.1924	a
1.5 gr	24.8357	30.1873	ab
2 gr	27.0524	32.5516	bc
2.5 gr	31.0967	36.7061	cd
3 gr	33.6567		d

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan selulosa asetat sebanyak 1gram dan 1.5gram memberikan pengaruh yang sama terhadap daya serap bioplastik, penambahan selulosa asetat sebanyak 1.5gram dan 2gram memberikan pengaruh yang sama terhadap daya serap bioplastik, penambahan selulosa asetat sebanyak 2gram dan 2.5gram memberikan pengaruh yang sama terhadap daya serap bioplastik, serta



penambahan selulosa asetat sebanyak 2.5gram dan 3gram memberikan pengaruh yang sama terhadap daya serap bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Penambahan selulosa asetat 1gram memberikan pengaruh yang paling baik terhadap daya serap bioplastik. Sedangkan penambahan selulosa asetat 3gram memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap daya serap bioplastik. Selanjutnya, hubungan massa selulosa asetat dengan daya serap bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



Gambar 4.3 Hubungan Massa Selulosa Asetat dengan Daya Serap Bioplastik

Dari gambar tersebut diketahui bahwa penambahan selulosa asetat dengan massa yang berbeda pada bioplastik akan menghasilkan nilai daya serap bioplastik yang berbeda pula. Semakin tinggi massa selulosa asetat, maka nilai daya serap bioplastik juga semakin tinggi. Menurut Siagian (2016), Penambahan selulosa asetat yang berlebih memiliki kemampuan untuk meningkatkan penyerapan air

karena adanya ikatan hidrogen intramolekul. Jadi semakin banyak jumlah selulosa asetat, maka kemampuan bioplastik untuk menyerap air akan semakin meningkat.

4.1.2 Hasil Uji DMRT untuk Faktor Interaksi

Hasil uji DMRT pada faktor interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.3**

Tabel 4.3 Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik

Perlakuan	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
A1G1	12.5346	17.6677	a
A2G2	16.4435	21.7951	ab
A1G2	16.8366	22.3358	ab
A3G3	19.7991	25.4085	bc
A4G2	20.1192	25.8139	bc
A2G1	20.1373	25.9023	bc
A1G4	21.0380	26.8626	bcd
A4G1	21.1957	27.0703	bcd
A1G3	21.2734	27.1920	bcd
A3G2	22.7574	28.7139	cde
A5G1	23.3083	29.2993	cde
A2G4	23.5390	29.5604	cde
A5G2	23.6624	29.7109	cde
A4G3	24.3961	30.4696	cde
A3G1	26.4260	32.5225	def
A3G5	28.2490	34.3658	ef
A1G5	28.6139	34.7504	efg



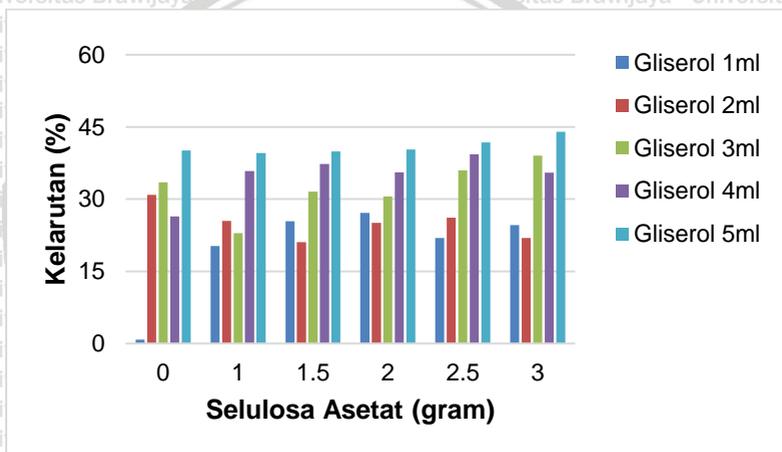
A2G3	30.9382	37.0929	fgh
A2G5	33.1205	39.2915	ghi
A5G4	34.6903	40.8613	ghi
A5G3	36.6462	42.8171	hij
A3G4	38.0307	44.2016	ij
A4G4	42.5267	48.6976	jk
A4G5	47.2457	53.4165	kl
A5G5	49.9760		l

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT dengan taraf 5% pada faktor interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap daya serap bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa sebagian interaksi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap daya serap bioplastik, namun ada juga beberapa interaksi yang memberikan pengaruh yang sama terhadap daya serap bioplastik Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Interaksi A1G1 yang merupakan interaksi antara penambahan gliserol 1ml dan selulosa asetat 1gram memberikan pengaruh yang paling baik terhadap daya serap bioplastik. Hal tersebut dikarenakan massa selulosa asetat dan volume gliserol yang rendah pada interaksi tersebut, sehingga menyebabkan nilai daya serap bioplastik yang dihasilkan juga semakin rendah. Sedangkan interaksi A5G5 yang merupakan interaksi antara penambahan gliserol 5ml dan selulosa asetat 3gram memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap daya serap bioplastik. Hal tersebut dikarenakan massa selulosa asetat dan volume gliserol yang tinggi pada interaksi

tersebut, sehingga menyebabkan nilai daya serap bioplastik yang dihasilkan juga semakin tinggi.

4.2 Uji Kelarutan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan data hasil penelitian yang dapat dilihat pada **Lampiran 8**. Dari data tersebut didapat grafik nilai rata-rata kelarutan pada masing-masing perlakuan bioplastik yang dapat dilihat pada **Gambar 4.4**



Gambar 4.4 Nilai Rata-rata Kelarutan Bioplastik dengan Variasi Gliserol dan Selulosa Asetat

Pada **Gambar 4.4** dapat dilihat bahwa masing-masing perlakuan memiliki nilai rata-rata kelarutan bioplastik yang berbeda-beda. Berdasarkan penambahan selulosa asetat, nilai rata-rata kelarutan bioplastik terendah terdapat pada penambahan selulosa asetat 1gram yang memiliki nilai rata-rata sebesar 28.8161%. Sedangkan nilai rata-rata kelarutan bioplastik tertinggi terdapat pada penambahan selulosa asetat 3gram yang memiliki nilai rata-rata sebesar 32.9977%. Jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang



tidak diberi penambahan selulosa asetat yang memiliki nilai rata-rata sebesar 26.3570%, maka bioplastik dengan penambahan selulosa asetat memiliki nilai kelarutan yang lebih tinggi.

Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil dari ANOVA dapat dilihat pada **Lampiran 12**. Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 99%, variasi gliserol memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelarutan bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai Fhitung sebesar 57.8471 dan nilai Ftabel sebesar 3.74 yang jika dibandingkan maka nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel. Selanjutnya, pada tingkat kepercayaan 95% variasi selulosa asetat juga memberikan pengaruh yang nyata terhadap kelarutan bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari Fhitung yang memiliki nilai sebesar 2.9664 jika dibandingkan dengan Ftabel yang memiliki nilai sebesar 2.56 maka nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel. Selain itu, interaksi antara kedua perlakuan yaitu selulosa asetat dan gliserol juga memberikan pengaruh yang nyata. Hal tersebut dapat dilihat dari Fhitung yang lebih besar dari Ftabel, dimana Fhitung memiliki nilai sebesar 2.0233 sedangkan Ftabel memiliki nilai sebesar 1.86. Sehingga dapat disimpulkan penambahan gliserol memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai kelarutan bioplastik, hal tersebut dikarenakan gliserol merupakan senyawa yang bersifat hidrofilik, yang mudah berikatan dengan air. Sehingga penambahan gliserol menyebabkan bioplastik menjadi lebih mudah untuk larut dalam air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Lismawati (2017), dimana penambahan gliserol akan meningkatkan kelarutan film bioplastik. Selanjutnya Sahari (2015), menyatakan bahwa kelarutan air yang tinggi dari suatu film yang mengandung gliserol dapat dikaitkan dengan afinitas



yang kuat dari gliserol terhadap molekul air, dan juga berat molekulnya yang lebih rendah yang dengan mudah memfasilitasi jalan masuknya air. Sedangkan menurut Sanyang (2016), sifat hidrofilik dari *plasticizer* berperan penting dalam memperlemah interaksi antara rantai molekul polimer, meningkatkan volume ruang bebas antara rantai. Hal tersebut yang dapat mengakibatkan kelarutan film menjadi meningkat. Sedangkan selulosa asetat memberikan pengaruh yang nyata terhadap kelarutan bioplastik, hal tersebut dikarenakan selulosa asetat bersifat hidrofilik, namun tidak sepenuhnya larut didalam air. Menurut Mekonnen (2013), selulosa asetat merupakan bahan termoplastik yang biasanya disintesis melalui esterifikasi selulosa di mana kelompok substituen lain menggantikan kelompok hidroksil selulosa. Asetilasi adalah modifikasi kimia, di mana bahan kimia tersebut akan bereaksi dengan gugus OH pada selulosa. Hal tersebut memodifikasi permukaan hidrofilik selulosa menjadi lebih hidrofobik (Jonoobi, 2010). Selanjutnya Bahmid (2014), menyatakan bahwa pada selulosa asetat masih terdapat gugus -OH yang belum tersubstitusi sehingga masih sangat peka terhadap air. Sehingga bioplastik dengan penambahan selulosa asetat, cukup larut didalam air.

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan tiap perlakuan dalam memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kelarutan bioplastik, maka dilakukan uji lanjut berupa uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Uji DMRT dilakukan terhadap masing-masing faktor, antara lain faktor penambahan gliserol, penambahan selulosa asetat, serta interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat.

4.2.1 Hasil Uji DMRT untuk Faktor Tunggal

Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap kelarutan bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.4**

4.4

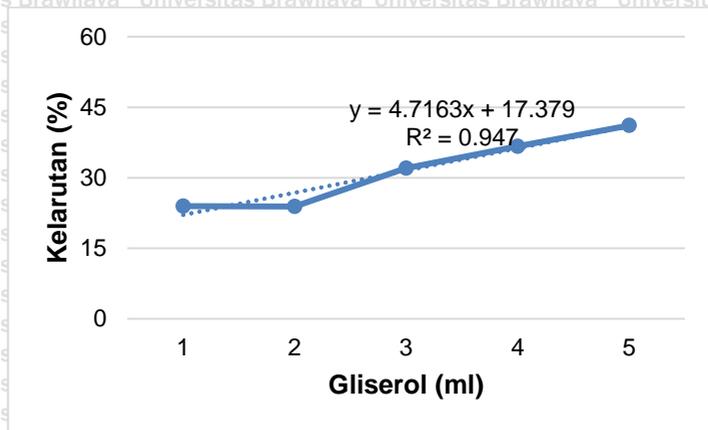


Tabel 4.4 Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap kelarutan bioplastik

Gliserol	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
1ml	23.8812	29.0143	a
2ml	23.9368	29.2885	a
3ml	32.0085	37.5076	b
4ml	36.7107	42.3201	bc
5ml	41.1034		c

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap kelarutan bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan gliserol sebanyak 1ml dan 2ml memberikan pengaruh yang sama terhadap kelarutan bioplastik, penambahan gliserol sebanyak 3ml dan 4ml memberikan pengaruh yang sama terhadap kelarutan bioplastik, serta penambahan gliserol sebanyak 4ml dan 5ml memberikan pengaruh yang sama terhadap kelarutan bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Penambahan gliserol 1ml memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap kelarutan bioplastik. Sedangkan penambahan gliserol 5ml memberikan pengaruh yang paling baik terhadap kelarutan bioplastik. Selanjutnya, hubungan volume gliserol dengan kelarutan bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.5**





Gambar 4.5 Hubungan Volume Gliserol dengan Kelarutan Bioplastik

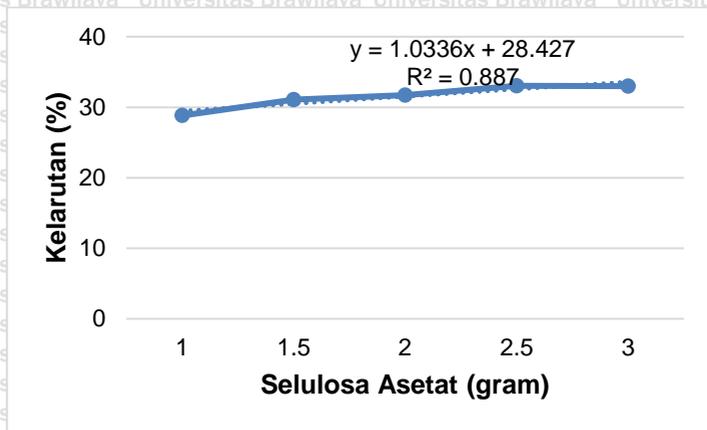
Dari gambar tersebut diketahui bahwa penambahan gliserol dengan volume yang berbeda pada bioplastik akan menghasilkan nilai kelarutan bioplastik yang berbeda pula. Semakin tinggi volume gliserol, maka nilai kelarutannya juga semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bourtoom (2007), dimana peningkatan kelarutan film seiring dengan peningkatan konsentrasi *plasticizer* disebabkan karena *plasticizer* yang bersifat hidrofilik sehingga meningkatkan kelarutan film dalam air. Selanjutnya Vieira (2011), menyatakan bahwa *plasticizer* yang bersifat hidrofilik seperti gliserol meningkatkan sifat permeabilitas dan kelarutan dari film *biodegradable*, sehingga peningkatan konsentrasi gliserol pada formulasi film komposit akan meningkatkan kelarutannya dalam air. Selanjutnya untuk hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.5**

Tabel 4.5 Hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik

Selulosa Asetat	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
1 gr	28.8161	32.6808	a
1.5 gr	31.0626	35.1271	ab
2 gr	31.7283	35.9245	ab
3 gr	32.9977	37.2884	b
2.5 gr	33.0359		b

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan selulosa asetat sebanyak 1gram, 1.5gram dan 2gram memberikan pengaruh yang sama terhadap kelarutan bioplastik. Selanjutnya penambahan selulosa asetat sebanyak 1.5gram, 2gram, 2.5gram dan 3gram juga memberikan pengaruh yang sama terhadap kelarutan bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Penambahan selulosa asetat 1gram memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap kelarutan bioplastik. Sedangkan penambahan selulosa asetat 3gram memberikan pengaruh yang paling baik terhadap kelarutan bioplastik. Selanjutnya, hubungan massa selulosa asetat dengan kelarutan bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.6**





Gambar 4.6 Hubungan Massa Selulosa Asetat dengan Kelarutan Bioplastik

Dari gambar tersebut diketahui bahwa penambahan selulosa asetat dengan massa yang berbeda pada bioplastik akan menghasilkan nilai kelarutan bioplastik yang berbeda pula. Semakin tinggi massa selulosa asetat, maka nilai kelarutannya juga semakin tinggi. Hal tersebut dikarenakan pada selulosa asetat masih terdapat gugus -OH yang belum tersubstitusi sehingga masih cukup larut dalam air. Hal tersebut telah sesuai dengan pernyataan Darni (2017), yang menyatakan bahwa adanya gugus -OH menyebabkan bioplastik bersifat hidrofilik yang akan meningkatkan kelarutan bioplastik. Jadi, semakin banyak jumlah selulosa asetat maka bioplastik akan semakin mudah larut di dalam air.

4.2.2 Hasil Uji DMRT untuk Faktor Interaksi

Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.6**



Tabel 4.6 Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik

Perlakuan	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
A1G1	20.2909	26.6970	a
A2G2	21.0737	27.8110	ab
A5G2	21.9151	28.8708	ab
A4G1	21.9507	29.0630	ab
A1G3	22.9243	30.1583	ab
A5G1	24.5910	31.9208	abc
A3G2	25.0902	32.4988	abc
A2G1	25.4432	32.9171	abc
A1G2	25.4507	32.9809	abc
A4G2	26.1545	33.7320	abc
A3G1	27.1301	34.7482	bc
A3G3	30.5485	38.2026	cd
A2G3	31.5621	39.2489	cde
A5G4	35.4898	43.2037	def
A3G4	35.5858	43.3244	def
A1G4	35.8557	43.6157	def
A4G3	35.9861	43.7664	def
A2G4	37.3089	45.1072	defg
A5G3	39.0214	46.8355	efg
A4G4	39.3134	47.1276	fg
A1G5	39.5591	47.3734	fg
A2G5	39.9253	47.7397	fg
A3G5	40.2868	48.1014	fg
A4G5	41.7748	49.5894	fg
A5G5	43.9713		g

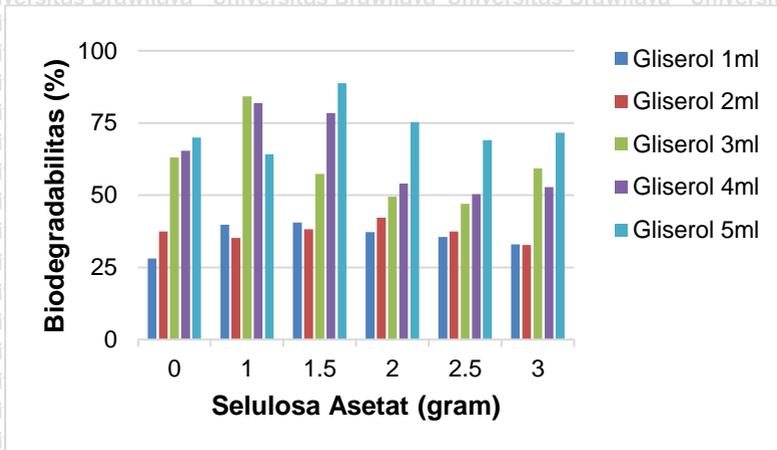


Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap kelarutan bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar interaksi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kelarutan bioplastik, namun ada juga beberapa interaksi yang memberikan pengaruh yang sama terhadap kelarutan bioplastik Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Interaksi A1G1 yang merupakan interaksi antara penambahan gliserol 1ml dan selulosa asetat 1gram memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap kelarutan bioplastik. Hal tersebut dikarenakan massa selulosa asetat dan volume gliserol yang rendah pada interaksi tersebut, sehingga menyebabkan nilai kelarutan bioplastik yang dihasilkan juga semakin rendah. Sedangkan interaksi A5G5 yang merupakan interaksi antara penambahan gliserol 5ml dan selulosa asetat 3gram memberikan pengaruh yang paling baik terhadap kelarutan bioplastik. Hal tersebut dikarenakan massa selulosa asetat dan volume gliserol yang tinggi pada interaksi tersebut, sehingga menyebabkan nilai kelarutan bioplastik yang dihasilkan juga semakin tinggi.

4.3 Uji Biodegradabilitas

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan data hasil penelitan yang dapat dilihat pada **Lampiran 15**. Dari data tersebut didapat grafik nilai rata-rata biodegradabilitas pada masing-masing perlakuan bioplastik yang dapat dilihat pada **Gambar 4.7**





Gambar 4.7 Nilai Rata-rata Biodegradabilitas Bioplastik dengan Variasi Gliserol dan Selulosa Asetat

Pada **Gambar 4.7** dapat dilihat bahwa masing-masing perlakuan memiliki nilai rata-rata biodegradabilitas bioplastik yang berbeda-beda. Berdasarkan penambahan selulosa asetat, nilai rata-rata biodegradabilitas bioplastik terendah terdapat pada penambahan selulosa asetat 2.5gram yang memiliki nilai rata-rata sebesar 47.8797%. Sedangkan nilai rata-rata biodegradabilitas bioplastik tertinggi terdapat pada penambahan selulosa asetat 1gram yang memiliki nilai rata-rata sebesar 61.0452%. Jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol yang tidak diberi penambahan selulosa asetat yang memiliki nilai rata-rata sebesar 52.7980%, maka bioplastik dengan penambahan selulosa asetat 2-3gram memiliki nilai biodegradabilitas yang lebih rendah. Sedangkan bioplastik dengan penambahan selulosa asetat 1 dan 1.5gram memiliki nilai biodegradabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Kemudian dari data hasil penelitian yang didapat selanjutnya dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil dari ANOVA dapat dilihat pada



Lampiran 19. Dari hasil ANOVA dapat diketahui bahwa pada tingkat kepercayaan 99%, variasi gliserol memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai Fhitung sebesar 81.6565 dan nilai Ftabel sebesar 3.74 yang jika dibandingkan maka nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel. Selanjutnya, variasi selulosa asetat juga memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari Fhitung yang memiliki nilai sebesar 11.6552 jika dibandingkan dengan Ftabel yang memiliki nilai sebesar 3.74 maka nilai Fhitung lebih besar dari Ftabel. Selain itu, interaksi antara kedua perlakuan yaitu selulosa asetat dan gliserol juga memberikan pengaruh yang sangat nyata. Hal tersebut dapat dilihat dari Fhitung yang lebih besar dari Ftabel, dimana Fhitung memiliki nilai sebesar 5.5822 sedangkan Ftabel memiliki nilai sebesar 2.4. Sehingga dapat disimpulkan penambahan gliserol dan selulosa asetat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap nilai biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dikarenakan gliserol merupakan plasticizer yang dapat mengurangi ikatan intermolekuler antar rantai polimer, sehingga plastik dapat lebih mudah terdegradasi. Menurut Wahyuningtyas (2017), biodegradasi bioplastik dapat dilakukan karena pemecahan rantai polimer pati yang mengandung hidroksil (OH) karbonil (CO), dan juga ester (COOH) menjadi monomer. Gliserol yang terkandung dalam bioplastik menyebabkan pengurangan massa yang cepat. Sifat hidrofilik menyebabkan bioplastik terdegradasi lebih mudah. Selain itu, kehilangan massa juga dapat terjadi karena bioplastik terdiri dari bahan alami yang mudah dicerna oleh mikroba. Selain itu, menurut Phuong (2013), langkah pertama dalam degradasi selulosa asetat adalah deasetilasi. Deasetilasi mungkin terbentuk sebagian oleh panas dan pH tinggi.

Selanjutnya untuk mengetahui perbedaan tiap perlakuan dalam memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap biodegradabilitas bioplastik, maka dilakukan uji lanjut berupa uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Uji DMRT dilakukan terhadap masing-masing faktor, antara lain faktor penambahan gliserol, penambahan selulosa asetat, serta interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat.

4.3.1 Hasil Uji DMRT untuk Faktor Tunggal

Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap biodegradabilitas bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.7**

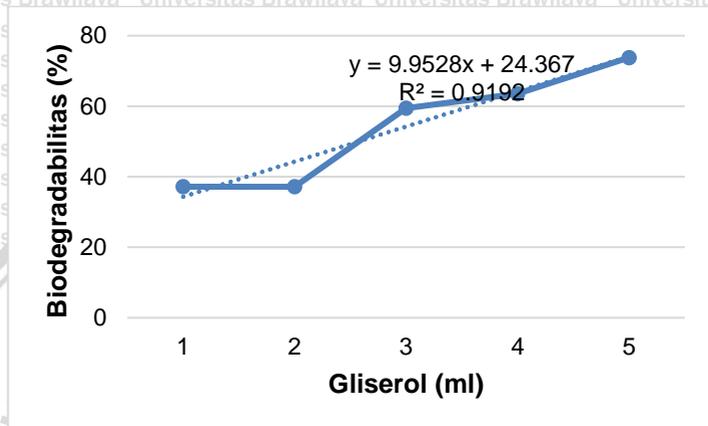
Tabel 4.7 Hasil uji DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap biodegradabilitas bioplastik

Gliserol	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
2ml	37.1493	42.3051	a
1ml	37.2140	42.5893	a
3ml	59.4550	64.9785	b
4ml	63.5087	69.1429	b
5ml	73.7985		c

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor penambahan gliserol terhadap biodegradabilitas bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan gliserol sebanyak 1ml dan 2ml memberikan pengaruh yang sama terhadap biodegradabilitas bioplastik. Selain itu, penambahan gliserol sebanyak 3ml dan 4ml juga memberikan pengaruh yang sama terhadap biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Penambahan gliserol 2ml memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap



biodegradabilitas bioplastik. Sedangkan penambahan gliserol 5ml memberikan pengaruh yang paling baik terhadap biodegradabilitas bioplastik. Selanjutnya, hubungan volume gliserol dengan biodegradabilitas bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.8**



Gambar 4.8 Hubungan Volume Gliserol dengan Biodegradabilitas Bioplastik

Dari gambar tersebut diketahui bahwa penambahan gliserol dengan volume yang berbeda pada bioplastik akan menghasilkan nilai biodegradabilitas bioplastik yang berbeda pula. Semakin tinggi volume gliserol, maka nilai biodegradabilitasnya juga semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Wahyuningtiyas (2017), dimana penambahan lebih banyak gliserol dapat meningkatkan degradasi bioplastik, karena gliserol memiliki kemampuan untuk menyerap air dengan mudah. Air adalah media dari sebagian besar bakteri dan mikroba, terutama yang ada di dalam tanah. Akibatnya, kadar air yang tinggi mengakibatkan plastik menjadi lebih mudah terdegradasi. Semakin banyak

jumlah gliserol, semakin banyak jumlah air yang dapat menembus melalui struktur bioplastik dan membantu dalam proses degradasi oleh mikroba.

Selanjutnya untuk hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.8**

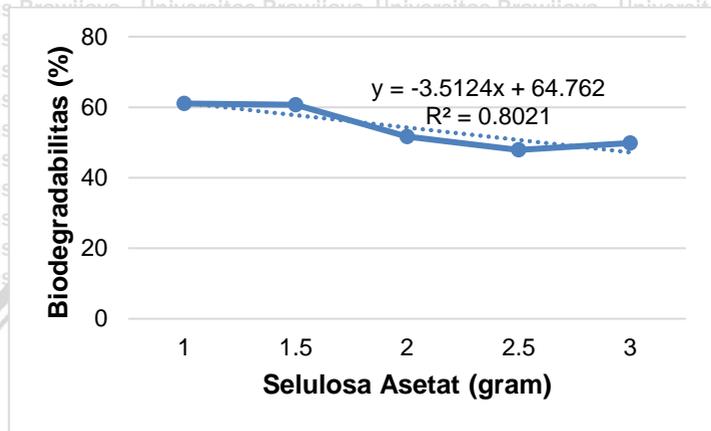
Tabel 4.8 Hasil uji DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik

Selulosa Asetat	Rerata	Nilai Uji DMRT	Notasi
2.5 gr	47.8797	53.0354	a
3 gr	49.8776	55.2529	a
2 gr	51.6541	57.1775	a
1.5 gr	60.6689	66.3031	b
1 gr	61.0452		b

Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor penambahan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa penambahan selulosa asetat sebanyak 1 dan 1.5gram memberikan pengaruh yang sama terhadap biodegradabilitas bioplastik. Selain itu penambahan selulosa asetat sebanyak 2-3gram juga memberikan pengaruh yang sama terhadap biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Penambahan selulosa asetat 1gram memberikan pengaruh yang paling baik terhadap biodegradabilitas bioplastik. Sedangkan penambahan selulosa asetat 2.5gram memberikan pengaruh yang paling buruk



terhadap biodegradabilitas bioplastik. Selanjutnya, hubungan massa selulosa asetat dengan biodegradabilitas bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 4.9**



Gambar 4.9 Hubungan Massa Selulosa Asetat dengan Kelarutan Bioplastik

Dari gambar tersebut diketahui bahwa penambahan selulosa asetat dengan massa yang berbeda pada bioplastik akan menghasilkan nilai biodegradabilitas bioplastik yang berbeda pula. Semakin tinggi massa selulosa asetat, maka nilai biodegradabilitasnya semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan pada selulosa asetat masih terdapat gugus asetil yang didalamnya terdapat ikatan rangkap. Menurut Karliawan (2009), adanya ikatan rangkap dapat mengganggu proses degradasi, hal tersebut dikarenakan pemutusan ikatan rangkap membutuhkan energi yang lebih besar dan waktu yang lebih lama. Selain itu, Etikaningrum (2017), menyatakan bahwa semakin banyak gugus asetil, maka waktu yang dibutuhkan untuk proses degradasi menjadi lebih lama.

Sehingga semakin tinggi massa selulosa asetat, jumlah gugus asetil juga semakin bertambah, dan waktu yang dibutuhkan untuk proses degradasi juga menjadi lebih lama.

4.3.2 Hasil Uji DMRT untuk Faktor Interaksi

Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik dapat dilihat pada **Tabel 4.9**

Tabel 4.9 Hasil uji DMRT pada interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik

Perlakuan	Ererata	Nilai Uji DMRT	Notasi
A5G2	32.7301	48.1376	a
A5G1	33.0025	49.0659	a
A1G2	35.1985	51.7046	ab
A4G1	35.5674	52.4045	ab
A3G1	37.2153	54.3083	abc
A4G2	37.3879	54.6921	abc
A2G2	38.2239	55.7068	abc
A1G1	39.7144	57.3476	abcd
A2G1	40.5706	58.3358	abcd
A3G2	42.2060	60.0849	abcde
A4G3	47.0295	65.0120	abcdef
A3G3	49.5158	67.5897	bcdef
A4G4	50.3391	68.4942	bcdef
A5G4	52.7816	71.0118	cdefg
A3G4	54.0278	72.3270	cdefgh
A2G3	57.3307	75.6909	defghi



A5G3	59.2312	77.6503	efghi
A1G5	64.2211	82.6951	fghij
A4G5	69.0744	87.5970	ghijk
A5G5	71.6428	90.1654	hijkl
A3G5	75.3056	93.8281	ijkl
A2G4	78.4710	96.9935	jkl
A1G4	81.9242	100.4466	kl
A1G3	84.1679	102.6902	l
A2G5	88.7484		

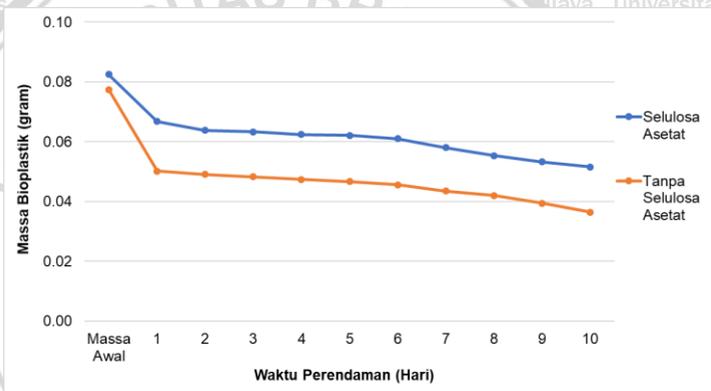
Pada tabel diatas dapat diketahui hasil uji lanjut DMRT pada faktor interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat terhadap biodegradabilitas bioplastik. Dari tabel tersebut dapat diketahui bahwa sebagian besar interaksi memberikan pengaruh yang berbeda terhadap biodegradabilitas bioplastik, namun ada juga beberapa interaksi yang memberikan pengaruh yang sama terhadap biodegradabilitas bioplastik Hal tersebut dapat dilihat dari notasi yang mengikutinya. Interaksi A5G2 yang merupakan interaksi antara penambahan gliserol 2ml dan selulosa asetat 3gram memberikan pengaruh yang paling buruk terhadap biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dikarenakan massa selulosa asetat yang tinggi dan volume gliserol yang rendah pada interaksi tersebut, sehingga menyebabkan nilai biodegradabilitas bioplastik yang dihasilkan juga semakin rendah. Sedangkan interaksi A2G5 yang merupakan interaksi antara penambahan gliserol 5ml dan selulosa asetat 1,5gram memberikan pengaruh yang paling baik terhadap biodegradabilitas bioplastik. Hal tersebut dikarenakan massa selulosa asetat yang rendah dan



volume gliserol yang tinggi pada interaksi tersebut, sehingga menyebabkan nilai biodegradabilitas bioplastik yang dihasilkan juga semakin tinggi.

4.3.3 Penurunan Massa Bioplastik Selama Proses Degradasi

Penurunan massa selama proses degradasi bioplastik berbahan pati umbi ganyong dengan variasi penambahan gliserol dan selulosa asetat dapat dilihat pada **Gambar 4.10**. Sedangkan untuk proses degradasi dapat dilihat pada **Lampiran 19**.



Gambar 4.10 Grafik Penurunan Massa Bioplastik dengan Selulosa Asetat dan Tanpa Selulosa Asetat

Pada **Gambar 4.10** dapat diketahui bahwa selama proses degradasi bioplastik berbahan pati umbi ganyong dengan perlakuan penambahan gliserol dan selulosa asetat maupun bioplastik kontrol, mengalami penurunan massa dari hari pertama setelah perendaman hingga hari kesepuluh setelah perendaman. Penurunan massa terbanyak terjadi pada hari pertama setelah perendaman pada EM4.



Belum ada bioplastik yang terdegradasi secara sempurna hingga hari kesepuluh. Namun terdapat beberapa sampel perlakuan yang massanya hampir habis pada hari kesepuluh. Jika dibandingkan antara bioplastik dengan penambahan gliserol dan selulosa asetat dengan bioplastik kontrol yang tidak diberi penambahan selulosa asetat, maka bioplastik tanpa penambahan selulosa asetat dapat dikatakan lebih cepat terdegradasi. Menurut Istiqlalah (2006), semakin lama waktu degradasi, maka semakin banyak kerusakan pada bioplastik yang disebabkan oleh mikroorganisme, yang dapat menyebabkan berkurangnya massa bioplastik.





V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

- a. Bioplastik dapat dibuat dari pati umbi ganyong dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dan selulosa asetat sebagai penguat
- b. Penambahan Gliserol dapat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap bioplastik sebesar 19.9638%-37.4410%, terhadap kelarutan bioplastik sebesar 23.8812%-41.1034%, dan terhadap biodegradabilitas sebesar 37.1493%-73.7985% pada bioplastik berbahan dasar pati umbi ganyong dengan penguat selulosa asetat
- c. Penambahan Selulosa asetat dapat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap bioplastik sebesar 20.0593%-33.6567%, terhadap kelarutan bioplastik sebesar 28.8161%-32.9977%, dan terhadap biodegradabilitas sebesar 47.8797%-61.0452% pada bioplastik berbahan dasar pati umbi ganyong dengan *plasticizer* gliserol
- d. Interaksi antara penambahan gliserol dan selulosa asetat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap daya serap bioplastik sebesar 12.5346%-49.9760%, terhadap kelarutan bioplastik sebesar 20.2909%-43.9713%, dan terhadap biodegradabilitas sebesar 32.7301%-88.7484% pada bioplastik berbahan dasar pati umbi ganyong
- e. Perlakuan terbaik untuk daya serap bioplastik pada penelitian ini yaitu pada penggunaan kombinasi konsentrasi gliserol 1ml dan selulosa asetat 1gram dengan nilai 12.5346%. Perlakuan terbaik untuk kelarutan bioplastik pada penelitian ini yaitu pada penggunaan kombinasi konsentrasi gliserol 5ml dan selulosa asetat 3gram dengan nilai 43.9713%. Sedangkan perlakuan terbaik untuk biodegradabilitas bioplastik pada penelitian



ini yaitu pada penggunaan kombinasi konsentrasi gliserol 5ml dan selulosa asetat 1.5gram 88.7484%.

5.2 Saran

- a. Sebaiknya perlu dikaji lagi tentang zat pelarut untuk selulosa asetat agar dapat terlarut sempurna
- b. Diperlukan adanya pengkajian lebih lanjut mengenai kelayakan bioplastik yang dihasilkan jika diaplikasikan sebagai kemasan pangan maupun non-pangan



DAFTAR PUSTAKA

- Aeni, N. 2017. **Pemanfaatan Biji Nangka dan Kulit Kacang Tanah sebagai Bahan Baku Bioplastik dengan Penambahan Gliserol**. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Agustin, Y E, dan K S Padmawijaya. 2016. **Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif**. Jurnal Teknik Kimia Vol. 10, No. 2, April 2016
- Andriyani, W. 2018. **Uji Ketahanan Biodegradable Bioplastik Berbahan Umbi Talas (*Colocasia Esculenta L.*) dengan Variasi Penguat Zno dan Serat Daun Nanas**. Malang: Universitas Brawijaya
- Anggarini, F. 2013. **Aplikasi Plasticizer Gliserol Pada Pembuatan Plastik Biodegradable dari Biji Nangka**. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Arisa, A A. 2012. **Preparasi dan Karakterisasi Bioplastik dari Air Cucian Beras dengan Penambahan Kitosan**. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
- Aryani, R. 2014. **Pembuatan Film Biodegradable Menggunakan Pati dari Singkong Karet (*Manihot glazovii*)**. Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya



Bahmid, N A. 2014. **Pengembangan Nanofiber Selulosa Asetat dari Selulosa Tandan Kosong Kelapa sawit Untuk Pembuatan Bioplastik**. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Bourtoom, T. 2008. **Plasticizer effect on the properties of biodegradable blend film from rice starch-chitosan**.

Songklanakarin Journal of Science and Technology Vol. 30 (Suppl.1), 149-165, April 2008

Coniwanti, P, L Laila, dan M R Alfira. **Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemlastis Gliserol**. Jurnal Teknik Kimia Vol. 20, No 4, Desember 2014

Darni, Y, R Hasyanah, L Lismeri, dan H Utami. 2016. **Pengaruh Konsentrasi Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Komposit Bioplastik Berbasis Pati Sorgum**. Bandar Lampung: Universitas Lampung

Dewanti, D P. 2018. **Potensi Selulosa dari Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Baku Bioplastik Ramah Lingkungan**. Jurnal Teknologi Lingkungan Vol. 19, No 1, Januari 2018

Elfiana, T N. 2016. **Sintesis dan Karakterisasi Plastik Biodegradable dari Pati Umbi Ganyong (Canna Edulis Kerr)-Gliserol dengan Nata De Coco dan Asam Palmitat Sebagai Penghambat Laju Uap**



- Air. Yogyakarta:** Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
- Etikaningrum. 2017. Pengembangan Berbagai Modifikasi Serat Tandan Kosong Sawit Pada Pembuatan Biofoam.** Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Handayani, D. 2015. Delignifikasi Tandan Kosong Kelapa Sawit Dalam Perolehan Glukosa. Palembang:** Politeknik Negeri Sriwijaya
- Hartanto. 2016. Desain dan Analisa Mesin Crushing Botol Plastik Bekas Untuk Industri Kecil Dengan Menggunakan Simulasi.** Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Hikmah, N. 2015. Pemanfaatan Limbah Kulit Pisang Ambon (Musa Paradisiacal) Dalam Pembuatan Plastik Biodegradable Dengan Plasticizer Gliserin.** Palembang: Politeknik Negeri Sriwijaya
- Istiqlal, A. 2006. Biodegradasi Membran Selulosa Asetat Berpori dari Limbah Kulit Nanas Menggunakan Bacillus Subtillis.** Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Jabbar, U F. 2017. Pengaruh Penambahan Kitosan Terhadap Karakteristik Bioplastik dari Pati Kulit Kentang (Solanum Tuberosum, L).** Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Jonoobi, M, J Harun, A P Mathew, M Z B Hussein, dan K Oksman.

2009. **Preparation of cellulose nanofibers with hydrophobic surface characteristics.** *Journal Cellulose* Vol. 17: 299–307

Karliawan, A. 2009. **Perubahan Senyawa Hidrokarbon Selama Proses Bioremediasi Tanah Tercemar Minyak Bumi Menggunakan Kromatografi Gas Spektrofotometri Massa.** Bogor: Institut Pertanian Bogor

Lismawati. 2017. **Pengaruh Penambahan Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film dari Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.).** Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar

Manurung, R, M R L L Gaol, R Sitorus, S Yanthi, dan I Surya. 2013. **Pembuatan Selulosa Asetat Dari α -Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit.** Medan: Universitas Sumatra Utara

Marhamah. 2008. **Biodegradasi Plasticizer Poligliserol Asetat (PGA) dan Dioktil Ftalat (DOP) dalam Matriks Polivinil Klorida (PVC) dan Toksisitasnya Terhadap Pertumbuhan Mikroba.** Medan: Universitas Sumatra Utara

Mekonnen, T, P Mussone, H Khalilband, dan D Bressler. **Progress in bio-based plastics and**



plasticizing modifications. Journal of Materials Chemistry A Vol. 1: 13379–13398

Munthoub, D I dan W A Rahman. **Tensile and Water Absorption Properties of Biodegradable Composites Derived from Cassava Skin/Polyvinyl Alcohol with Glycerol as Plasticizer.** Journal Sains Malaysiana Vol. 40: 713–718

Ningsih, S H. 2015. **Pengaruh Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey dan Agar.** Makassar: Universitas Hasanuddin

Nugraheni, M D. 2016. **Pengaruh Variasi Temperatur Terhadap Hasil Sintesis Edible Film Pati Ganyong (Canna Edulis Kerr.) dengan Penambahan Pigmen Antosianin Kubis Ungu (Brassica Oleracea) Sebagai Bioindikator pH.** Yogyakarta: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Nurfauzy, R A, dan U Farhah. 2017. **Pembuatan Komposit Thermoplastic Starch dari Tepung Sorghum dan Kertas Koran Bekas.** Bandung: Politeknik Negeri Bandung

Nurlita, D. 2017. **Karakteristik Plastik Biodegradable Berbasis Onggok dan Kitosan Dengan Plastisizer Gliserol.** Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang

Ogawa, T, B Ding, Y Sone, dan S Shiratori. **Super-Hydrophobic Surfaces of Layer-By-Layer Structured Film-Coated Electrospun Nanofibrous Membranes**. Journal Nanotechnology Vol. 18

Oktaviyani, S A dan T C Sunarti. 2012. **Hidrolisis Pati Palma Menggunakan Pullulanase dan β -Amilase**. Bogor: Institut Pertanian Bogor

Phuong, V T, S Verstichel, P Cinelli, I Anguillesi, M B Coltelli dan A Lazzeri. **Cellulose Acetate Blends – Effect of Plasticizers on Properties and Biodegradability**. Journal Renewable Material

Puls, J, S A Wilson, D Holter. **Degradation of Cellulose Acetate-Based Materials: A Review**. Journal Polymer Environmental Vol. 19: 152–165

Pulungan, R J A. 2014. **Kajian Delignifikasi Pulp Formacell Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Dalam Media Asam Asetat**. Lampung: Universitas Lampung

Rosalina, L. 2017. **Kadar Protein, Elastisitas, dan Mutu Hedonik Mie Basah Dengan Substitusi Tepung Ganyong (Canna edulis kerr)**. Semarang: Universitas Muhammadiyah Semarang



Safitri, W D. 2017. **Pengaruh Waktu Pengeringan Oven dan Konsentrasi Asam Laktat Terhadap Kualitas Pati Termodifikasi dari Tapioka**. Semarang: Universitas Diponegoro

Sahari, J, M L Sanyang, S M Sapuan, M Jawaid, M R Ishak. **Effect of Glycerol and Sorbitol Plasticizers on Physical and Thermal Properties of Sugar Palm Starch Based Films**. Sabah: Universiti Sabah Malaysia

Sanyang, M L, M Sapuan, M Jawaid, M R Ishak dan J Sahari. **Effect of Plasticizer Type and Concentration on Physical Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (Arenga Pinnata) Starch for Food Packaging**. Journal Food Science and Technology. Vol. 53: 326–336

Sari, I I. 2015. **Pemanfaatan Tepung Kulit Singkong (Manihot Utilissima) Untuk Pembuatan Plastik Ramah Lingkungan (Biodegradable) dengan Penambahan Gliserol dari Minyak Jelantah**. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta

Sauid, S M, A M M Amin, M Musa, K H K Hamid. **The Effect of Glycerol Content on Mechanical Properties, Surface Morphology and Water Absorption of Thermoplastic**



Films From Tacca Leontopetaloides Starch. Jurnal Teknologi UTM Vol. 79 No. 5: 53–59

Seto, A S dan A M Sari. 2013. **Pembuatan Selulosa Asetat Berbahan Dasar Nata De Soya.** Jurnal Konversi Vol.2 No. 2 Oktober 2013

Siagian, M, Maulida, dan Tarigan. 2016. **Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Cellulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer.** Journal of Physics: Conference Series 710

Sudrajat, I A R. 2019. **Pembuatan dan Karakteristik Selulosa Asetat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit.** Malang: Universitas Brawijaya

Toiby, A R. 2015. **Perubahan Sifat Kimia Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit yang Difermentasi Dengan EM4 Pada Dosis dan Lama Pemeraman yang Berbeda.** Riau: Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Vieira, M G A, M A Silva, L O Santos, M M Beppu. **Natural-Based Plasticizers and Biopolymer Films: A Review.** European Polymer Journal Vol. 47: 254–263

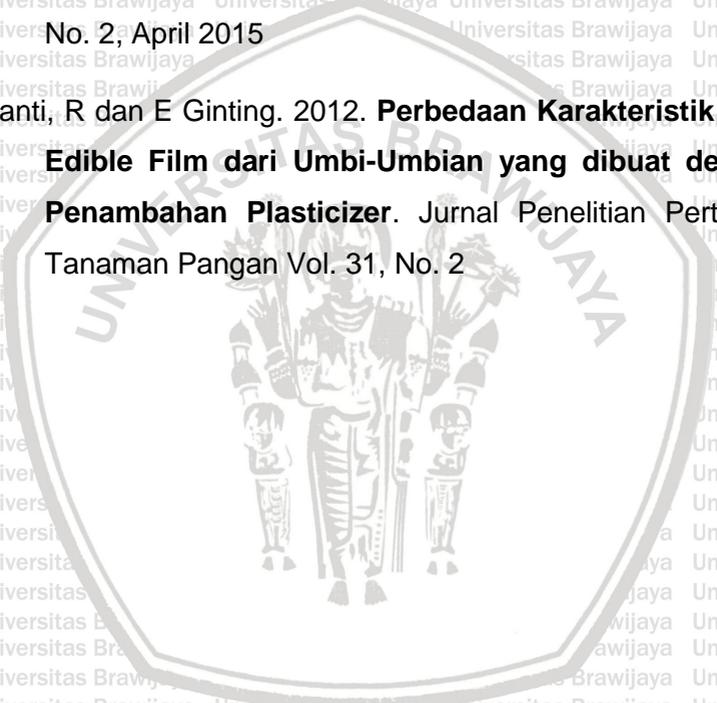
Wahyuningtyas, N E, H Suryanto. 2017. **Analysis of Biodegradation of Bioplastics Made of Cassava**



Starch. Journal of Mechanical Engineering Science and Technology Vol. 1 No. 1

Wardaha, I dan E Hastuti. 2015. **Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol dengan Pati dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, dan Eceng Gondok Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Plastik Biodegradable.** Jurnal Neutrino Vol. 7, No. 2, April 2015

Yulianti, R dan E Ginting. 2012. **Perbedaan Karakteristik Fisik Edible Film dari Umbi-Umbian yang dibuat dengan Penambahan Plasticizer.** Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan Vol. 31, No. 2







Lampiran 1. Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air**a. Ulangan 1**

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Daya Serap (%)
1	0.0763	0.0861	12.8440
2	0.0911	0.1124	23.3809
3	0.0930	0.1206	29.6774
4	0.0489	0.0602	23.1084
5	0.0903	0.1082	19.8228
6	0.0827	0.0969	17.1705
7	0.0776	0.0894	15.2062
8	0.0831	0.1018	22.5030
9	0.0780	0.0902	15.6410
10	0.0594	0.0724	21.8855
11	0.0591	0.0701	18.6125
12	0.0922	0.1221	32.4295
13	0.0728	0.0872	19.7802
14	0.1192	0.1481	24.2450
15	0.0724	0.0965	33.2873
16	0.0823	0.1014	23.2078
17	0.0971	0.1201	23.6869
18	0.0871	0.1174	34.7876
19	0.1390	0.1989	43.0935
20	0.0913	0.1219	33.5159
21	0.0981	0.1259	28.3384
22	0.0592	0.0770	30.0676
23	0.1012	0.1313	29.7431
24	0.1502	0.2232	48.6019
25	0.1470	0.2238	52.2449



Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Daya Serap (%)
Kontrol 1	0.0617	0.0891	44.4084
Kontrol 2	0.0977	0.1360	39.2016
Kontrol 3	0.0844	0.1166	38.1517
Kontrol 4	0.0657	0.0917	39.5738
Kontrol 5	0.1089	0.1588	45.8219



b. Ulangan 2

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Daya Serap (%)
1	0.0837	0.0949	13.3811
2	0.0928	0.1115	20.1509
3	0.0879	0.1105	25.7110
4	0.0514	0.0613	19.2607
5	0.0848	0.1075	26.7689
6	0.0833	0.0997	19.6879
7	0.0714	0.0839	17.5070
8	0.0744	0.0907	21.9086
9	0.0767	0.0925	20.5997
10	0.0612	0.0759	24.0196
11	0.0688	0.0843	22.5291
12	0.0795	0.1028	29.3082
13	0.1014	0.1226	20.9073
14	0.1202	0.1498	24.6256
15	0.0846	0.1171	38.4161
16	0.0912	0.1106	21.2719
17	0.1004	0.1229	22.4104
18	0.0989	0.1379	39.4338
19	0.1590	0.2253	41.6981
20	0.1112	0.1466	31.8345
21	0.0941	0.1226	30.2869
22	0.0632	0.0844	33.5443
23	0.1018	0.1322	29.8625
24	0.1611	0.2366	46.8653
25	0.0923	0.1368	48.2124



Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Daya Serap (%)
Kontrol 1	0.0543	0.0755	39.0424
Kontrol 2	0.0869	0.1255	44.4189
Kontrol 3	0.0806	0.1158	43.6725
Kontrol 4	0.0545	0.0839	53.9450
Kontrol 5	0.1008	0.1548	53.5714



c. Ulangan 3

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Daya Serap (%)
1	0.0914	0.1018	11.3786
2	0.0859	0.1004	16.8801
3	0.0833	0.1032	23.8896
4	0.0509	0.0617	21.2181
5	0.0780	0.0962	23.3333
6	0.0901	0.1024	13.6515
7	0.0674	0.0786	16.6172
8	0.0746	0.0924	23.8606
9	0.0821	0.1019	24.1169
10	0.0610	0.0763	25.0820
11	0.0560	0.0687	22.6786
12	0.0975	0.1278	31.0769
13	0.0930	0.1104	18.7097
14	0.1209	0.1503	24.3176
15	0.0612	0.0846	38.2353
16	0.0864	0.1025	18.6343
17	0.1093	0.1361	24.5197
18	0.0928	0.1298	39.8707
19	0.1456	0.2079	42.7885
20	0.0891	0.1236	38.7205
21	0.1128	0.1435	27.2163
22	0.0607	0.0824	35.7496
23	0.1237	0.1548	25.1415
24	0.1193	0.1745	46.2699
25	0.1512	0.2260	49.4709



Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Daya Serap (%)
Kontrol 1	0.0577	0.0764	32.4090
Kontrol 2	0.0938	0.1327	41.4712
Kontrol 3	0.0726	0.1074	47.9339
Kontrol 4	0.0574	0.0831	44.7735
Kontrol 5	0.1040	0.1597	53.5577



Lampiran 2. Perhitungan Rata-rata Hasil Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air

Sampel	Daya Serap			
	Ulangan 1 (%)	Ulangan 2 (%)	Ulangan 3 (%)	Rata-rata (%)
1	12.8440	13.3811	11.3786	12.5346
2	23.3809	20.1509	16.8801	20.1373
3	29.6774	25.7110	23.8896	26.4260
4	23.1084	19.2607	21.2181	21.1957
5	19.8228	26.7689	23.3333	23.3083
6	17.1705	19.6879	13.6515	16.8366
7	15.2062	17.5070	16.6172	16.4435
8	22.5030	21.9086	23.8606	22.7574
9	15.6410	20.5997	24.1169	20.1192
10	21.8855	24.0196	25.0820	23.6624
11	18.6125	22.5291	22.6786	21.2734
12	32.4295	29.3082	31.0769	30.9382
13	19.7802	20.9073	18.7097	19.7991
14	24.2450	24.6256	24.3176	24.3961
15	33.2873	38.4161	38.2353	36.6462
16	23.2078	21.2719	18.6343	21.0380
17	23.6869	22.4104	24.5197	23.5390
18	34.7876	39.4338	39.8707	38.0307
19	43.0935	41.6981	42.7885	42.5267
20	33.5159	31.8345	38.7205	34.6903



Daya Serap				
Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
	(%)	(%)	(%)	(%)
21	28.3384	30.2869	27.2163	28.6139
22	30.0676	33.5443	35.7496	33.1205
23	29.7431	29.8625	25.1415	28.2490
24	48.6019	46.8653	46.2699	47.2457
25	52.2449	48.2124	49.4709	49.9760
Kontrol 1	44.4084	39.0424	32.4090	38.6199
Kontrol 2	39.2016	44.4189	41.4712	41.6972
Kontrol 3	38.1517	43.6725	47.9339	43.2527
Kontrol 4	39.5738	53.9450	44.7735	46.0974
Kontrol 5	45.8219	53.5714	53.5577	50.9837



Lampiran 3. Tabel Rancangan Percobaan Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air

Selulosa Asetat (gram)	Gliserol (ml)					Total
	1	2	3	4	5	
1	12.8440	17.1705	18.6125	23.2078	28.3384	100.1733
	13.3811	19.6879	22.5291	21.2719	30.2869	107.1569
	11.3786	13.6515	22.6786	18.6343	27.2163	93.5592
Total	37.6037	50.5099	63.8202	63.1140	85.8417	300.8894
Rata-rata	12.5346	16.8366	21.2734	21.0380	28.6139	100.2965
1.5	23.3809	15.2062	32.4295	23.6869	30.0676	124.7711
	20.1509	17.5070	29.3082	22.4104	33.5443	122.9207
	16.8801	16.6172	31.0769	24.5197	35.7496	124.8435
Total	60.4119	49.3304	92.8146	70.6169	99.3615	372.5353
Rata-rata	20.1373	16.4435	30.9382	23.5390	33.1205	124.1784
2	29.6774	22.5030	19.7802	34.7876	29.7431	136.4913
	25.7110	21.9086	20.9073	39.4338	29.8625	137.8232
	23.8896	23.8606	18.7097	39.8707	25.1415	131.4720
Total	79.2780	68.2722	59.3972	114.0921	84.7470	405.7865
Rata-rata	26.4260	22.7574	19.7991	38.0307	28.2490	135.2622

Selulosa Asetat (gram)	Gliserol (ml)					Total
	1	2	3	4	5	
2.5	23.1084	15.6410	24.2450	43.0935	48.6019	154.6898
	19.2607	20.5997	24.6256	41.6981	46.8653	153.0495
	21.2181	24.1169	24.3176	42.7885	46.2699	158.7110
Total	63.5872	60.3577	73.1882	127.5801	141.7371	466.4502
Rata-rata	21.1957	20.1192	24.3961	42.5267	47.2457	155.4834
3	19.8228	21.8855	33.2873	33.5159	52.2449	160.7564
	26.7689	24.0196	38.4161	31.8345	48.2124	169.2514
	23.3333	25.0820	38.2353	38.7205	49.4709	174.8420
Total	69.9250	70.9871	109.9387	104.0710	149.9281	504.8499
Rata-rata	23.3083	23.6624	36.6462	34.6903	49.9760	168.2833
Total	310.8058	299.4573	399.1588	479.4740	561.6154	2,050.5113

Lampiran 4. Perhitungan ANOVA (*Analysis of Variance*) Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air

a. Perhitungan derajat bebas

$$dBP = (axb)-1 = (5 \times 5)-1 = 24$$

$$dBA = a-1 = 5-1 = 4$$

$$dBB = b-1 = 5-1 = 4$$

$$dBAB = (a-1) \times (b-1) = (5-1) \times (5-1) = 16$$

$$dBG = axb \times (r-1) = 5 \times 5 \times (3-1) = 50$$

$$dBT = (axb \times r)-1 = (5 \times 5 \times 3)-1 = 74$$

b. Perhitungan Faktor Koreksi dan Jumlah Kuadrat

$$FK = \frac{Y^2 \dots}{abr} = \frac{(12.8440 + 13.3811 + \dots + 49.4709)^2}{5 \times 5 \times 3} = 56061.2855$$

$$JKT = \sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - FK = (12.8440^2 + 13.3811^2 + \dots + 49.4709^2) - 55963.7621 = 6998.0596$$

$$JKP = \sum \sum \frac{Y_{i.}^2}{r} - FK = \frac{(37.6037^2 + 60.4119^2 + \dots + 149.9281^2)}{3} - 55963.7621$$

$$JKA = \sum \frac{Y_{.r}^2}{br} - FK = \frac{(300.8894^2 + 372.5353^2 + \dots + 504.8499^2)}{5 \times 3} - 55963.7621 = 1700.6375$$

$$JKB = \sum \frac{y_j^2}{ar} - FK = \frac{(310.8058^2 + 299.4573^2 + \dots + 561.6154^2)}{5 \times 3} - FK$$

$$= 55963.7621 - 3332.7026$$

$$= 3332.7026$$

$$JKAB = JKP - JKA - JKB = 6723.4141 - 1700.6375 - 3314.6586$$

$$= 1690.0741$$

$$JKG = JKT - JKP = 6998.0596 - 6723.4141 = 274.6455$$

c. Perhitungan Kuadrat Tengah

$$KTP = \frac{JKP}{dBP} = \frac{6723.4141}{24} = 280.1423$$

$$KTA = \frac{JKA}{dBA} = \frac{1700.6375}{4} = 425.1594$$

$$KTB = \frac{JKB}{dBB} = \frac{3332.7026}{4} = 833.1756$$

$$KTAB = \frac{JKAB}{dBAB} = \frac{1690.0741}{16} = 105.6296$$

$$KTG = \frac{JKG}{dBG} = \frac{274.6455}{50} = 5.4929$$

d. Perhitungan Fhitung

$$Fhitung P = \frac{KTP}{KTG} = \frac{280.1423}{5.4929} = 51.0007$$

$$Fhitung A = \frac{KTA}{KTG} = \frac{425.1594}{5.4929} = 151.6820$$

$$Fhitung B = \frac{KTB}{KTG} = \frac{833.1756}{5.4929} = 77.4015$$



$$\text{Fhiting AB} = \frac{KTAB}{KTG} = \frac{105.6296}{5.4929} = 19.2302$$

Keterangan :

a = jumlah faktor a

b = jumlah faktor b

r = jumlah ulangan



Lampiran 5. Tabel ANOVA (*Analysis of Variance*) Uji Daya Serap Bioplastik Terhadap Air

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	24	6723.4141	280.1423	51.0007	1.74	2.2	**
Gliserol	4	3332.7026	833.1756	151.6820	2.56	3.74	**
Selulosa Asetat	4	1700.6375	425.1594	77.4015	2.56	3.74	**
Gliserol x Selulosa Asetat	16	1690.0741	105.6296	19.2302	1.86	2.4	**
Galat	50	274.6455	5.4929				
Total	74						

Lampiran 6. Hasil Perhitungan nilai DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) Daya Serap Bioplastik Terhadap Air

df	2	3	4	5	6	7	8	9
Nilai Jarak	3.7935	3.9550	4.0640	4.1455	4.2085	4.2605	4.3045	4.3415
KTG	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 1%	5.1331	5.3516	5.4991	5.6094	5.6947	5.7650	5.8246	5.8746
df	10	11	12	13	14	15	16	17
Nilai Jarak	4.3740	4.4020	4.4275	4.4500	4.4700	4.4885	4.5055	4.5205
KTG	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 1%	5.9186	5.9565	5.9910	6.0214	6.0485	6.0735	6.0965	6.1168
df	18	19	20	21	22	23	24	25
Nilai Jarak	4.5350	4.5485	4.5605	4.5605	4.5605	4.5605	4.5604	4.5604
KTG	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929	5.4929
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 1%	6.1365	6.1547	6.1710	6.1709	6.1709	6.1709	6.1709	6.1709

Lampiran 7. Hasil Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air

a. Ulangan 1

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kelarutan (%)
1	0.0863	0.0697	19.2352
2	0.0911	0.0742	18.5510
3	0.0782	0.0599	23.4015
4	0.0562	0.0478	14.9466
5	0.0790	0.0596	24.5570
6	0.0816	0.0622	23.7745
7	0.0646	0.0534	17.3375
8	0.0745	0.0598	19.7315
9	0.0757	0.0585	22.7213
10	0.0670	0.0539	19.5522
11	0.0549	0.0415	24.4080
12	0.1039	0.0714	31.2801
13	0.0746	0.0532	28.6863
14	0.1323	0.0914	30.9146
15	0.0547	0.0353	35.4662
16	0.1014	0.0654	35.5030
17	0.1032	0.0686	33.5271
18	0.1043	0.0683	34.5158
19	0.1435	0.0907	36.7944
20	0.0994	0.0692	30.3823
21	0.1070	0.0620	42.0561
22	0.0608	0.0373	38.6513
23	0.0984	0.0603	38.7195
24	0.1244	0.0779	37.3794
25	0.1452	0.0862	40.6336

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kelarutan (%)
Kontrol 1	0.0524	0.0522	0.3817
Kontrol 2	0.1251	0.0867	30.6954
Kontrol 3	0.0913	0.0504	44.7974
Kontrol 4	0.0550	0.0360	34.5455
Kontrol 5	0.0853	0.0493	42.2040



b. Ulangan 2

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kelarutan (%)
1	0.0861	0.0676	21.4866
2	0.0943	0.0663	29.6925
3	0.0969	0.0697	28.0702
4	0.0840	0.0623	25.8333
5	0.0756	0.0588	22.2222
6	0.0805	0.0589	26.8323
7	0.0751	0.0561	25.2996
8	0.0645	0.0511	20.7752
9	0.0872	0.0657	24.6560
10	0.0699	0.0503	28.0401
11	0.0566	0.0444	21.5548
12	0.0827	0.0559	32.4063
13	0.0944	0.0652	30.9322
14	0.1123	0.0678	39.6260
15	0.0866	0.0521	39.8383
16	0.0975	0.0655	32.8205
17	0.0956	0.0624	34.7280
18	0.0912	0.0581	36.2939
19	0.1440	0.0863	40.0694
20	0.1028	0.0644	37.3541
21	0.0948	0.0601	36.6034
22	0.0580	0.0346	40.3448
23	0.1101	0.0635	42.3252
24	0.1117	0.0666	40.3760
25	0.1585	0.0846	46.6246



Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kelarutan (%)
Kontrol 1	0.0506	0.0500	1.1858
Kontrol 2	0.1160	0.0801	30.9483
Kontrol 3	0.0739	0.0627	15.1556
Kontrol 4	0.0485	0.0360	25.7732
Kontrol 5	0.1010	0.0656	35.0495



c. Ulangan 3

Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kelarutan (%)
1	0.0928	0.0741	20.1509
2	0.0883	0.0635	28.0861
3	0.0859	0.0602	29.9185
4	0.0694	0.0520	25.0720
5	0.0815	0.0595	26.9939
6	0.0738	0.0548	25.7453
7	0.0719	0.0571	20.5841
8	0.0699	0.0456	34.7639
9	0.0801	0.0552	31.0861
10	0.0628	0.0514	18.1529
11	0.0548	0.0423	22.8102
12	0.0900	0.0621	31.0000
13	0.0893	0.0607	32.0269
14	0.1216	0.0761	37.4178
15	0.0716	0.0417	41.7598
16	0.0846	0.0514	39.2435
17	0.1035	0.0583	43.6715
18	0.1071	0.0686	35.9477
19	0.1468	0.0865	41.0763
20	0.0963	0.0590	38.7331
21	0.1117	0.0670	40.0179
22	0.0667	0.0395	40.7796
23	0.0977	0.0588	39.8158
24	0.1707	0.0895	47.5688
25	0.1263	0.0699	44.6556



Sampel	Massa Awal (gr)	Massa Akhir (gr)	Kelarutan (%)
Kontrol 1	0.0543	0.0538	0.9208
Kontrol 2	0.0893	0.0615	31.1310
Kontrol 3	0.0835	0.0497	40.4790
Kontrol 4	0.0416	0.0337	18.9904
Kontrol 5	0.0949	0.0540	43.0980



Lampiran 8. Perhitungan Rata-rata Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air

Sampel	Kelarutan			
	Ulangan 1 (%)	Ulangan 2 (%)	Ulangan 3 (%)	Rata-rata (%)
1	19.2352	21.4866	20.1509	20.2909
2	18.5510	29.6925	28.0861	25.4432
3	23.4015	28.0702	29.9185	27.1301
4	14.9466	25.8333	25.0720	21.9507
5	24.5570	22.2222	26.9939	24.5910
6	23.7745	26.8323	25.7453	25.4507
7	17.3375	25.2996	20.5841	21.0737
8	19.7315	20.7752	34.7639	25.0902
9	22.7213	24.6560	31.0861	26.1545
10	19.5522	28.0401	18.1529	21.9151
11	24.4080	21.5548	22.8102	22.9243
12	31.2801	32.4063	31.0000	31.5621
13	28.6863	30.9322	32.0269	30.5485
14	30.9146	39.6260	37.4178	35.9861
15	35.4662	39.8383	41.7598	39.0214
16	35.5030	32.8205	39.2435	35.8557
17	33.5271	34.7280	43.6715	37.3089
18	34.5158	36.2939	35.9477	35.5858
19	36.7944	40.0694	41.0763	39.3134
20	30.3823	37.3541	38.7331	35.4898



Kelurahan

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
	(%)	(%)	(%)	(%)
21	42.0561	36.6034	40.0179	39.5591
22	38.6513	40.3448	40.7796	39.9253
23	38.7195	42.3252	39.8158	40.2868
24	37.3794	40.3760	47.5688	41.7748
25	40.6336	46.6246	44.6556	43.9713
Kontrol 1	0.3817	1.1858	0.9208	0.8294
Kontrol 2	30.6954	30.9483	31.1310	30.9249
Kontrol 3	44.7974	15.1556	40.4790	33.4773
Kontrol 4	34.5455	25.7732	18.9904	26.4363
Kontrol 5	42.2040	35.0495	43.0980	40.1172



Lampiran 9. Tabel Rancangan Percobaan Uji Kelarutan Bioplastik Pada Air

Selulosa Asetat (gram)	Gliserol (ml)					Total
	1	2	3	4	5	
1	19.2352	23.7745	24.4080	35.5030	42.0561	144.9768
	21.4866	26.8323	21.5548	32.8205	36.6034	139.2976
	20.1509	25.7453	22.8102	39.2435	40.0179	147.9677
Total	60.8727	76.3521	68.7730	107.5670	118.6774	432.2421
Rata-rata	20.2909	25.4507	22.9243	35.8557	39.5591	144.0807
1.5	18.5510	17.3375	31.2801	33.5271	38.6513	139.3470
	29.6925	25.2996	32.4063	34.7280	40.3448	162.4712
	28.0861	20.5841	31.0000	43.6715	40.7796	164.1213
Total	76.3296	63.2212	94.6864	111.9267	119.7758	465.9396
Rata-rata	25.4432	21.0737	31.5621	37.3089	39.9253	155.3132
2	23.4015	19.7315	28.6863	34.5158	38.7195	145.0547
	28.0702	20.7752	30.9322	36.2939	42.3252	158.3966
	29.9185	34.7639	32.0269	35.9477	39.8158	172.4728
Total	81.3902	75.2707	91.6454	106.7574	120.8604	475.9241
Rata-rata	27.1301	25.0902	30.5485	35.5858	40.2868	158.6414

Selulosa Asetat (gram)	Gliserol (ml)					Total
	1	2	3	4	5	
2.5	14.9466	22.7213	30.9146	36.7944	37.3794	142.7563
	25.8333	24.6560	39.6260	40.0694	40.3760	170.5608
	25.0720	31.0861	37.4178	41.0763	47.5688	182.2211
Total	65.8520	78.4634	107.9584	117.9402	125.3243	495.5382
Rata-rata	21.9507	26.1545	35.9861	39.3134	41.7748	165.1794
3	24.5570	19.5522	35.4662	30.3823	40.6336	150.5913
	22.2222	28.0401	39.8383	37.3541	46.6246	174.0793
	26.9939	18.1529	41.7598	38.7331	44.6556	170.2952
Total	73.7730	65.7452	117.0643	106.4695	131.9138	494.9658
Rata-rata	24.5910	21.9151	39.0214	35.4898	43.9713	164.9886
Total	358.2176	359.0525	480.1274	550.6607	616.5516	2,364.6098

Lampiran 10. Perhitungan ANOVA (Analysis of Variance) Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air

a. Perhitungan derajat bebas

$$dBP = (axb)-1 = (5 \times 5)-1 = 24$$

$$dBA = a-1 = 5-1 = 4$$

$$dBB = b-1 = 5-1 = 4$$

$$dBAB = (a-1) \times (b-1) = (5-1) \times (5-1) = 16$$

$$dBG = axb \times (r-1) = 5 \times 5 \times (3-1) = 50$$

$$dBT = (axb \times r)-1 = (5 \times 5 \times 3)-1 = 74$$

b. Perhitungan Faktor Koreksi dan Jumlah Kuadrat

$$FK = \frac{Y^2 \dots}{abr} = \frac{(19.2352+21.4866+\dots+44.6556)^2}{5 \times 5 \times 3} = 74551.7263$$

$$JKT = \sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - FK = (19.2352^2 + 21.4866^2 + \dots + 44.6556^2) - 74551.7263 = 4958.1128$$

$$JKP = \sum \sum \frac{Y_{i.}^2}{r} - FK = \frac{(60.8727^2 + 76.3296^2 + \dots + 131.9138^2)}{3} - 74551.7263 = 4196.7946$$

$$JKA = \sum \frac{Y_{i.}^2}{br} - FK = \frac{(432.2421^2 + 465.9396^2 + \dots + 494.9658^2)}{5 \times 3} - 74551.7263 = 180.6693$$



$$JKB = \sum \frac{y_j^2}{ar} - FK = \frac{(358.2176^2 + 359.0525^2 + \dots + 616.5516^2)}{5 \times 3} - FK$$

$$= \frac{74551.7263}{15} - 3523.2035$$

$$= 3523.2035$$

$$JKAB = JKP - JKA - JKB = 4196.7946 - 180.6693 - 3523.2035$$

$$= 492.9218$$

$$JKG = JKT - JKP = 4958.1128 - 4196.7946 = 761.3182$$

c. Perhitungan Kuadrat Tengah

$$KTP = \frac{JKP}{dBP} = \frac{4196.7946}{24} = 174.8664$$

$$KTA = \frac{JKA}{dBA} = \frac{180.6693}{4} = 45.1673$$

$$KTB = \frac{JKB}{dBB} = \frac{3523.2035}{4} = 880.8009$$

$$KTAB = \frac{JKAB}{dBAB} = \frac{492.9218}{16} = 30.8076$$

$$KTG = \frac{JKG}{dBG} = \frac{761.3182}{50} = 15.2264$$

d. Perhitungan Fhitung

$$Fhitung P = \frac{KTP}{KTG} = \frac{174.8664}{15.2264} = 11.4845$$

$$Fhitung A = \frac{KTA}{KTG} = \frac{45.1673}{15.2264} = 2.9664$$

$$Fhitung B = \frac{KTB}{KTG} = \frac{880.8009}{15.2264} = 57.8471$$



$$F_{hitung} AB = \frac{KTAB}{KTG} = \frac{30.8076}{15.2264} = 2.0233$$

Keterangan :

a = jumlah faktor a

b = jumlah faktor b

r = jumlah ulangan



Lampiran 11. Hasil ANOVA (*Analysis of Variance*) Uji Kelarutan Bioplastik Terhadap Air

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	24	4196.7946	174.8664	11.4845	1.74	2.2	**
Gliserol	4	3523.2035	880.8009	57.8471	2.56	3.74	**
Selulosa Asetat	4	180.6693	45.1673	2.9664	2.56	3.74	*
Gliserol x Selulosa Asetat	16	492.9218	30.8076	2.0233	1.86	2.4	*
Galat	50	761.3182	15.2264				
Total	74						

Lampiran 12. Hasil Perhitungan nilai DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) Pada Kelarutan Bioplastik Terhadap Air

df	2	3	4	5	6	7	8	9
Nilai Jarak	2.8435	2.9905	3.0875	3.157	3.211	3.2535	3.2885	3.3175
KTG	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 5%	6.4061	6.7372	6.9558	7.1123	7.2340	7.3297	7.4086	7.4739
df	10	11	12	13	14	15	16	17
Nilai Jarak	3.3425	3.3635	3.3815	3.3975	3.412	3.424	3.435	3.4445
KTG	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 5%	7.5302	7.5776	7.6181	7.6541	7.6868	7.7139	7.7386	7.7600
df	18	19	20	21	22	23	24	25
Nilai Jarak	3.4535	3.4615	3.4685	3.46855	3.4686	3.46865	3.4687	3.46875
KTG	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264	15.2264
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 5%	7.7803	7.7983	7.8141	7.8142	7.8143	7.8144	7.8146	7.8147

Lampiran 13. Hasil Uji Biodegradabilitas Bioplastik Terhadap Air

a. Ulangan 1

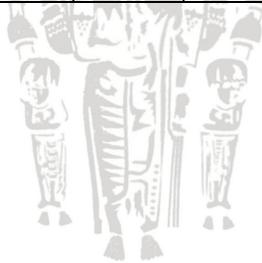
Sampel	Massa Awal (gram)	Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	0.0904	0.0720	0.0709	0.0698	0.0677	0.0674	0.0655
2	0.0913	0.0620	0.0615	0.0611	0.0601	0.0599	0.0598
3	0.0968	0.0720	0.0698	0.0688	0.0680	0.0678	0.0651
4	0.0666	0.0590	0.0568	0.0562	0.0555	0.0548	0.0537
5	0.0805	0.0710	0.0698	0.0696	0.0671	0.0657	0.0634
6	0.0818	0.0670	0.0610	0.0603	0.0596	0.0595	0.0595
7	0.0710	0.0590	0.0589	0.0588	0.0586	0.0585	0.0576
8	0.0722	0.0650	0.0571	0.0559	0.0556	0.0538	0.0526
9	0.0771	0.0710	0.0683	0.0676	0.0643	0.0636	0.0626
10	0.0641	0.0570	0.0545	0.0542	0.0535	0.0490	0.0482
11	0.0705	0.0580	0.0574	0.0569	0.0532	0.0491	0.0283
12	0.0889	0.0680	0.0612	0.0604	0.0585	0.0571	0.0554
13	0.1019	0.0820	0.0678	0.0669	0.0650	0.0648	0.0620
14	0.1620	0.1230	0.1024	0.1017	0.1006	0.1005	0.0938
15	0.0834	0.0520	0.0483	0.0477	0.0434	0.0423	0.0391
16	0.0801	0.0500	0.0462	0.0455	0.0441	0.0426	0.0354
17	0.0920	0.0540	0.0532	0.0520	0.0508	0.0507	0.0462
18	0.1005	0.0670	0.0643	0.0638	0.0630	0.0616	0.0541
19	0.1671	0.0980	0.0973	0.0969	0.0944	0.0935	0.0899
20	0.1120	0.0790	0.0722	0.0691	0.0675	0.0669	0.0670



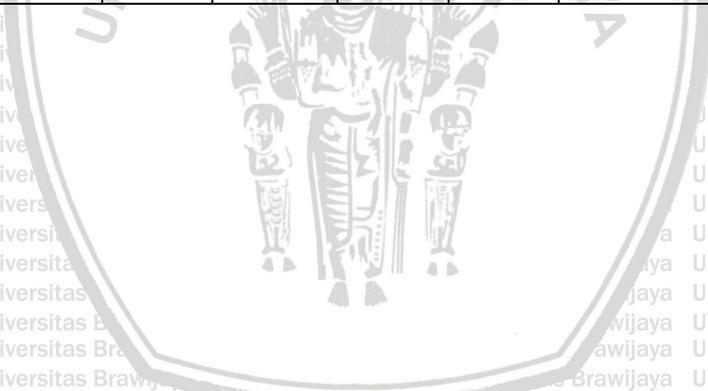
Sampel	Hari ke-				Biodegradabilitas (%)
	7	8	9	10	
1	0.0720	40.5973	0.0698	0.0677	40.5973
2	0.0620	44.1402	0.0611	0.0601	44.1402
3	0.0720	42.4587	0.0688	0.0680	42.4587
4	0.0590	32.7327	0.0562	0.0555	32.7327
5	0.0710	35.7764	0.0696	0.0671	35.7764
6	0.0670	45.7213	0.0603	0.0596	45.7213
7	0.0590	39.5775	0.0588	0.0586	39.5775
8	0.0650	51.1080	0.0559	0.0556	51.1080
9	0.0710	47.0817	0.0676	0.0643	47.0817
10	0.0570	32.4493	0.0542	0.0535	32.4493
11	0.0580	89.9291	0.0569	0.0532	89.9291
12	0.0680	57.8178	0.0604	0.0585	57.8178
13	0.0820	59.7645	0.0669	0.0650	59.7645
14	0.1230	46.6667	0.1017	0.1006	46.6667
15	0.0520	59.2326	0.0477	0.0434	59.2326
16	0.0500	0.0462	0.0455	0.0441	78.0275
17	0.0540	0.0532	0.0520	0.0508	78.9130
18	0.0670	0.0643	0.0638	0.0630	57.1144
19	0.0980	0.0973	0.0969	0.0944	50.1496
20	0.0790	0.0722	0.0691	0.0675	49.1964



Sampel	Massa Awal (gram)	Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
21	0.1390	0.0920	0.0831	0.0828	0.0809	0.0788	0.0786
22	0.0625	0.0440	0.0376	0.0368	0.0345	0.0261	0.0172
23	0.0953	0.0690	0.0566	0.0558	0.0544	0.0501	0.0407
24	0.1575	0.1030	0.0792	0.0776	0.0767	0.0757	0.0720
25	0.1515	0.0980	0.0817	0.0814	0.0799	0.0793	0.0791
Kontrol 1	0.0699	0.0599	0.0590	0.0590	0.0589	0.0587	0.0586
Kontrol 2	0.1034	0.0709	0.0700	0.0700	0.0692	0.0691	0.0690
Kontrol 3	0.0908	0.0476	0.0460	0.0450	0.0438	0.0433	0.0431
Kontrol 4	0.0537	0.0382	0.0370	0.0360	0.0354	0.0351	0.0350
Kontrol 5	0.0946	0.0568	0.0560	0.0550	0.0541	0.0523	0.0482



Sampel	Hari ke-				Biodegradabilitas (%)
	7	8	9	10	
21	0.0740	0.0680	0.0625	0.0597	57.0504
22	0.0140	0.0090	0.0055	0.0037	94.0800
23	0.0340	0.0280	0.0215	0.0180	81.1123
24	0.0660	0.0580	0.0473	0.0427	72.8889
25	0.0670	0.0580	0.0496	0.0448	70.4290
Kontrol 1	0.0586	0.0585	0.0580	0.0570	18.4549
Kontrol 2	0.0689	0.0688	0.0680	0.0650	37.1373
Kontrol 3	0.0430	0.0429	0.0390	0.0370	59.2511
Kontrol 4	0.0348	0.0347	0.0260	0.0250	53.4451
Kontrol 5	0.0331	0.0199	0.0160	0.0140	85.2008



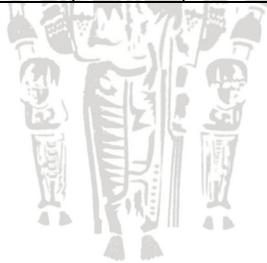
b. Ulangan 2

Sampel	Massa Awal (gram)	Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	0.0933	0.0790	0.0727	0.0725	0.0702	0.0699	0.0679
2	0.0877	0.0610	0.0590	0.0585	0.0580	0.0580	0.0578
3	0.0845	0.0680	0.0598	0.0595	0.0594	0.0593	0.0590
4	0.0718	0.0610	0.0598	0.0594	0.0585	0.0585	0.0583
5	0.0697	0.0600	0.0600	0.0598	0.0596	0.0595	0.0585
6	0.0795	0.0650	0.0598	0.0596	0.0594	0.0589	0.0585
7	0.0643	0.0580	0.0546	0.0542	0.0536	0.0528	0.0511
8	0.0806	0.0650	0.0630	0.0626	0.0623	0.0619	0.0613
9	0.0717	0.0670	0.0641	0.0634	0.0630	0.0626	0.0588
10	0.0778	0.0690	0.0638	0.0632	0.0628	0.0626	0.0616
11	0.0590	0.0490	0.0484	0.0456	0.0436	0.0350	0.0262
12	0.0768	0.0650	0.0542	0.0536	0.0527	0.0505	0.0503
13	0.1219	0.0970	0.0866	0.0854	0.0851	0.0833	0.0799
14	0.1378	0.0930	0.0843	0.0807	0.0803	0.0803	0.0798
15	0.0770	0.0470	0.0465	0.0456	0.0444	0.0425	0.0407
16	0.0739	0.0440	0.0436	0.0436	0.0331	0.0240	0.0176
17	0.1076	0.0580	0.0578	0.0570	0.0564	0.0522	0.0513
18	0.0839	0.0590	0.0557	0.0531	0.0525	0.0517	0.0478
19	0.1716	0.1070	0.0998	0.0996	0.0985	0.0972	0.0960
20	0.1021	0.0710	0.0655	0.0647	0.0639	0.0626	0.0619

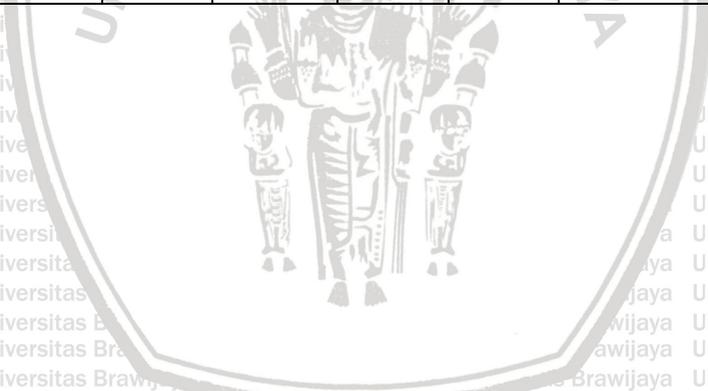


Sampel	Hari ke-				Biodegradabilitas (%)
	7	8	9	10	
1	0.0640	0.0610	0.0589	0.0563	39.6570
2	0.0560	0.0550	0.0539	0.0531	39.4527
3	0.0570	0.0550	0.0537	0.0525	37.8698
4	0.0530	0.0480	0.0443	0.0432	39.8329
5	0.0560	0.0520	0.0504	0.0470	32.5681
6	0.0580	0.0580	0.0579	0.0554	30.3145
7	0.0480	0.0460	0.0443	0.0410	36.2364
8	0.0590	0.0570	0.0546	0.0528	34.4913
9	0.0530	0.0500	0.0475	0.0439	38.7727
10	0.0570	0.0540	0.0513	0.0501	35.6041
11	0.0210	0.0160	0.0146	0.0120	79.6610
12	0.0480	0.0390	0.0330	0.0299	61.0677
13	0.0790	0.0780	0.0760	0.0743	39.0484
14	0.0780	0.0730	0.0697	0.0673	51.1611
15	0.0390	0.0360	0.0314	0.0292	62.0779
16	0.0150	0.0120	0.0078	0.0076	89.7158
17	0.0470	0.0380	0.0292	0.0243	77.4164
18	0.0440	0.0390	0.0331	0.0296	64.7199
19	0.0940	0.0920	0.0918	0.0916	46.6200
20	0.0590	0.0560	0.0527	0.0515	49.5593

Sampel	Massa Awal (gram)	Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
21	0.1024	0.0720	0.0575	0.0566	0.0519	0.0516	0.0396
22	0.0711	0.0480	0.0427	0.0422	0.0416	0.0406	0.0372
23	0.1195	0.0820	0.0680	0.0678	0.0670	0.0580	0.0538
24	0.1685	0.1030	0.0878	0.0831	0.0824	0.0753	0.0750
25	0.1363	0.0920	0.0761	0.0759	0.0736	0.0728	0.0699
Kontrol 1	0.0526	0.0401	0.0380	0.0340	0.0306	0.0286	0.0284
Kontrol 2	0.0938	0.0628	0.0620	0.0620	0.0617	0.0614	0.0612
Kontrol 3	0.0760	0.0385	0.0360	0.0350	0.0349	0.0347	0.0345
Kontrol 4	0.0564	0.0395	0.0390	0.0380	0.0373	0.0356	0.0337
Kontrol 5	0.0973	0.0579	0.0570	0.0560	0.0557	0.0552	0.0549



Sampel	Hari ke-				Biodegradabilitas (%)
	7	8	9	10	
21	0.0340	0.0260	0.0205	0.0182	82.2266
22	0.0320	0.0270	0.0131	0.0080	88.7482
23	0.0490	0.0370	0.0336	0.0290	75.7322
24	0.0710	0.0680	0.0655	0.0640	62.0178
25	0.0610	0.0580	0.0552	0.0530	61.1152
Kontrol 1	0.0283	0.0283	0.0280	0.0280	46.7681
Kontrol 2	0.0609	0.0608	0.0590	0.0580	38.1663
Kontrol 3	0.0342	0.0340	0.0320	0.0310	59.2105
Kontrol 4	0.0314	0.0291	0.0230	0.0180	68.0851
Kontrol 5	0.0543	0.0540	0.0500	0.0360	63.0010



c. Ulangan 3

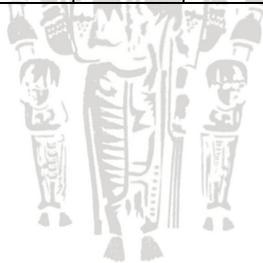
Sampel	Massa Awal (gram)	Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	0.0846	0.0730	0.0673	0.0669	0.0663	0.0654	0.0652
2	0.0808	0.0620	0.0560	0.0554	0.0550	0.0549	0.0541
3	0.0926	0.0710	0.0673	0.0666	0.0666	0.0664	0.0660
4	0.0747	0.0630	0.0628	0.0621	0.0620	0.0612	0.0590
5	0.0724	0.0680	0.0636	0.0628	0.0626	0.0622	0.0613
6	0.0795	0.0650	0.0622	0.0613	0.0612	0.0610	0.0602
7	0.0718	0.0620	0.0605	0.0603	0.0599	0.0594	0.0577
8	0.0746	0.0610	0.0597	0.0590	0.0566	0.0563	0.0550
9	0.0821	0.0750	0.0748	0.0742	0.0737	0.0733	0.0724
10	0.0584	0.0520	0.0511	0.0511	0.0501	0.0483	0.0475
11	0.0556	0.0460	0.0441	0.0435	0.0419	0.0347	0.0294
12	0.0853	0.0680	0.0605	0.0595	0.0590	0.0582	0.0552
13	0.1130	0.0900	0.0753	0.0751	0.0746	0.0738	0.0701
14	0.1380	0.1010	0.0891	0.0882	0.0866	0.0858	0.0858
15	0.0940	0.0720	0.0554	0.0546	0.0532	0.0530	0.0509
16	0.0751	0.0530	0.0477	0.0471	0.0427	0.0369	0.0317
17	0.1004	0.0720	0.0556	0.0554	0.0539	0.0490	0.0422
18	0.0964	0.0650	0.0641	0.0638	0.0620	0.0618	0.0609
19	0.1648	0.1150	0.0960	0.0952	0.0932	0.0921	0.0904
20	0.1022	0.0690	0.0635	0.0627	0.0613	0.0610	0.0592



Sampel	Hari ke-				Biodegradabilitas (%)
	7	8	9	10	
1	0.0620	0.0580	0.0558	0.0517	38.8889
2	0.0520	0.0510	0.0504	0.0500	38.1188
3	0.0650	0.0650	0.0646	0.0636	31.3175
4	0.0560	0.0530	0.0519	0.0492	34.1365
5	0.0600	0.0570	0.0549	0.0502	30.6630
6	0.0590	0.0580	0.0575	0.0560	29.5597
7	0.0560	0.0530	0.0515	0.0439	38.8579
8	0.0520	0.0500	0.0486	0.0440	41.0188
9	0.0690	0.0660	0.0641	0.0605	26.3094
10	0.0470	0.0470	0.0461	0.0408	30.1370
11	0.0260	0.0190	0.0149	0.0095	82.9137
12	0.0520	0.0480	0.0413	0.0400	53.1067
13	0.0690	0.0650	0.0638	0.0568	49.7345
14	0.0850	0.0840	0.0831	0.0783	43.2609
15	0.0480	0.0440	0.0421	0.0410	56.3830
16	0.0280	0.0230	0.0186	0.0165	78.0293
17	0.0350	0.0290	0.0253	0.0210	79.0837
18	0.0600	0.0590	0.0589	0.0576	40.2490
19	0.0860	0.0830	0.0793	0.0754	54.2476
20	0.0560	0.0510	0.0477	0.0413	59.5890



Sampel	Massa Awal (gram)	Hari ke-					
		1	2	3	4	5	6
21	0.1255	0.0740	0.0693	0.0688	0.0685	0.0669	0.0642
22	0.0597	0.0390	0.0356	0.0356	0.0348	0.0332	0.0311
23	0.0970	0.0590	0.0579	0.0576	0.0545	0.0506	0.0487
24	0.1239	0.0730	0.0638	0.0625	0.0604	0.0572	0.0541
25	0.1312	0.0820	0.0730	0.0717	0.0698	0.0648	0.0591
Kontrol 1	0.0556	0.0471	0.0470	0.0470	0.0466	0.0465	0.0463
Kontrol 2	0.0966	0.0652	0.0650	0.0650	0.0642	0.0640	0.0639
Kontrol 3	0.0788	0.0395	0.0370	0.0350	0.0322	0.0311	0.0298
Kontrol 4	0.0475	0.0327	0.0320	0.0320	0.0313	0.0289	0.0237
Kontrol 5	0.0942	0.0559	0.0550	0.0550	0.0548	0.0541	0.0527



Sampel	Hari ke-				Biodegradabilitas (%)
	7	8	9	10	
21	0.0630	0.0610	0.0591	0.0585	53.3865
22	0.0280	0.0190	0.0130	0.0099	83.4171
23	0.0440	0.0390	0.0350	0.0300	69.0722
24	0.0510	0.0440	0.0362	0.0343	72.3164
25	0.0480	0.0320	0.0287	0.0218	83.3841
Kontrol 1	0.0462	0.0460	0.0460	0.0450	19.0647
Kontrol 2	0.0639	0.0638	0.0630	0.0610	36.8530
Kontrol 3	0.0269	0.0255	0.0250	0.0230	70.8122
Kontrol 4	0.0183	0.0158	0.0140	0.0120	74.7368
Kontrol 5	0.0502	0.0484	0.0440	0.0360	61.7834



Lampiran 14. Perhitungan Rata-rata Uji Biodegradabilitas Bioplastik Terhadap Air

Sampel	Biodegradabilitas			
	Ulangan 1 (%)	Ulangan 2 (%)	Ulangan 3 (%)	Rata-rata (%)
1	40.5973	39.6570	38.8889	39.7144
2	44.1402	39.4527	38.1188	40.5706
3	42.4587	37.8698	31.3175	37.2153
4	32.7327	39.8329	34.1365	35.5674
5	35.7764	32.5681	30.6630	33.0025
6	45.7213	30.3145	29.5597	35.1985
7	39.5775	36.2364	38.8579	38.2239
8	51.1080	34.4913	41.0188	42.2060
9	47.0817	38.7727	26.3094	37.3879
10	32.4493	35.6041	30.1370	32.7301
11	89.9291	79.6610	82.9137	84.1679
12	57.8178	61.0677	53.1067	57.3307
13	59.7645	39.0484	49.7345	49.5158
14	46.6667	51.1611	43.2609	47.0295
15	59.2326	62.0779	56.3830	59.2312
16	78.0275	89.7158	78.0293	81.9242
17	78.9130	77.4164	79.0837	78.4710
18	57.1144	64.7199	40.2490	54.0278
19	50.1496	46.6200	54.2476	50.3391
20	49.1964	49.5593	59.5890	52.7816



Biodegradabilitas

Sampel	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
	(%)	(%)	(%)	(%)
21	57.0504	82.2266	53.3865	64.2211
22	94.0800	88.7482	83.4171	88.7484
23	81.1123	75.7322	69.0722	75.3056
24	72.8889	62.0178	72.3164	69.0744
25	70.4290	61.1152	83.3841	71.6428
Kontrol 1	18.4549	46.7681	19.0647	28.0959
Kontrol 2	37.1373	38.1663	36.8530	37.3855
Kontrol 3	59.2511	59.2105	70.8122	63.0913
Kontrol 4	53.4451	68.0851	74.7368	65.4223
Kontrol 5	85.2008	63.0010	61.7834	69.9951



Lampiran 15. Tabel Rancangan Percobaan Uji Biodegradabilitas Bioplastik

Selulosa Asetat (gram)	Gliserol (ml)					Total
	1	2	3	4	5	
1	40.5973	45.7213	89.9291	78.0275	57.0504	311.3255
	39.6570	30.3145	79.6610	89.7158	82.2266	321.5749
	38.8889	29.5597	82.9137	78.0293	53.3865	282.7781
Total	119.1433	105.5955	252.5038	245.7726	192.6634	915.6785
Rata-rata	39.7144	35.1985	84.1679	81.9242	64.2211	305.2262
1.5	44.1402	39.5775	57.8178	78.9130	94.0800	314.5285
	39.4527	36.2364	61.0677	77.4164	88.7482	302.9214
	38.1188	38.8579	53.1067	79.0837	83.4171	292.5842
Total	121.7117	114.6718	171.9922	235.4131	266.2453	910.0340
Rata-rata	40.5706	38.2239	57.3307	78.4710	88.7484	303.3447
2	42.4587	51.1080	59.7645	57.1144	81.1123	291.5579
	37.8698	34.4913	39.0484	64.7199	75.7322	251.8617
	31.3175	41.0188	49.7345	40.2490	69.0722	231.3919
Total	111.6460	126.6181	148.5474	162.0833	225.9167	774.8115
Rata-rata	37.2153	42.2060	49.5158	54.0278	75.3056	258.2705

Selulosa Asetat (gram)	Gliserol (ml)					Total
	1	2	3	4	5	
2.5	32.7327	47.0817	46.6667	50.1496	72.8889	249.5196
	39.8329	38.7727	51.1611	46.6200	62.0178	238.4045
	34.1365	26.3094	43.2609	54.2476	72.3164	230.2708
Total	106.7021	112.1638	141.0886	151.0172	207.2231	718.1948
Rata-rata	35.5674	37.3879	47.0295	50.3391	69.0744	239.3983
3	35.7764	32.4493	59.2326	49.1964	70.4290	247.0838
	32.5681	35.6041	62.0779	49.5593	61.1152	240.9246
	30.6630	30.1370	56.3830	59.5890	83.3841	260.1561
Total	99.0075	98.1904	177.6935	158.3447	214.9284	748.1645
Rata-rata	33.0025	32.7301	59.2312	52.7816	71.6428	249.3882
Total	558.2106	557.2395	891.8255	952.6309	1,106.9768	4,066.8834

Lampiran 16. Perhitungan ANOVA (Analysis of Variance) Uji Biodegradabilitas Bioplastik

a. Perhitungan derajat bebas

$$\begin{aligned}
 \text{dBP} &= (\text{axb})-1 = (5 \times 5)-1 = 24 \\
 \text{dBA} &= a-1 = 5-1 = 4 \\
 \text{dBB} &= b-1 = 5-1 = 4 \\
 \text{dBAB} &= (a-1) \times (b-1) = (5-1) \times (5-1) = 16 \\
 \text{dBG} &= \text{axbx}(\text{r}-1) = 5 \times 5 \times (3-1) = 50 \\
 \text{dBT} &= (\text{axbxr})-1 = (5 \times 5 \times 3)-1 = 74
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan Faktor Koreksi dan Jumlah Kuadrat

$$\text{FK} = \frac{Y^2 \dots}{abr} = \frac{(40.5973 + 39.6570 + \dots + 83.3841)^2}{5 \times 5 \times 3} = 220527.2035$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKT} &= \sum \sum \sum Y_{ijk}^2 - \text{FK} = (40.5973^2 + 39.6570^2 + \dots + 83.3841^2) - 220527.2035 \\
 &= 25365.8667
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKP} &= \sum \sum \frac{Y_{ij.}^2}{r} - \text{FK} = \frac{(119.1433^2 + 121.7117^2 + \dots + 214.9284^2)}{3} - 220527.2035 \\
 &= 22891.4475
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JKA} &= \sum \frac{Y_{i..}^2}{br} - \text{FK} = \frac{(915.6785^2 + 910.0340^2 + \dots + 748.1645^2)}{5 \times 3} - 220527.2035 \\
 &= 2307.1855
 \end{aligned}$$



$$JKB = \sum \frac{y_j^2}{ar} - FK = \frac{(558.2106^2 + 557.2395^2 + \dots + 1106.9768^2)}{5 \times 3} - FK$$

$$= 220527.2035$$

$$= 16164.1963$$

$$JKAB = JKP - JKA - JKB = 22891.4475 - 2307.1855 - 16164.1963$$

$$= 4420.0657$$

$$JKG = JKT - JKP = 25365.8667 - 22891.4475 = 2474.4192$$

c. Perhitungan Kuadrat Tengah

$$KTP = \frac{JKP}{dBP} = \frac{22891.4475}{24} = 953.8103$$

$$KTA = \frac{JKA}{dBA} = \frac{2307.1855}{4} = 576.7964$$

$$KTB = \frac{JKB}{dBB} = \frac{16164.1963}{4} = 4041.0491$$

$$KTAB = \frac{JKAB}{dBAB} = \frac{4420.0657}{16} = 276.2541$$

$$KTG = \frac{JKG}{dBG} = \frac{2474.4192}{50} = 49.4884$$

d. Perhitungan Fhitung

$$Fhitung P = \frac{KTP}{KTG} = \frac{953.8103}{49.4884} = 19.2734$$

$$Fhitung A = \frac{KTA}{KTG} = \frac{576.7964}{49.4884} = 11.6565$$

$$Fhitung B = \frac{KTB}{KTG} = \frac{4041.0491}{49.4884} = 81.6552$$



$$F_{hitung} AB = \frac{KTAB}{KTG} = \frac{276.2541}{49.4884} = 5.5822$$

Keterangan :

a = jumlah faktor a

b = jumlah faktor b

r = jumlah ulangan



Lampiran 17. Hasil ANOVA (*Analysis of Variance*) Biodegradabilitas Bioplastik

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	Fhitung	F Tabel 5%	F Tabel 1%	Notasi
Perlakuan	24	22891.4475	953.8103	19.2734	1.74	2.2	**
Gliserol	4	16164.1963	4041.0491	81.6565	2.56	3.74	**
Selulosa Asetat	4	2307.1855	576.7964	11.6552	2.56	3.74	**
Gliserol x Selulosa Asetat	16	4420.0657	276.2541	5.5822	1.86	2.4	**
Galat	50	2474.4192	49.4884				
Total	74						

Lampiran 18. Hasil Perhitungan nilai DMRT Pada Biodegradabilitas Bioplastik

df	2	3	4	5	6	7	8	9
Nilai Jarak	3.7935	3.9550	4.0640	4.1455	4.2085	4.2605	4.3045	4.3415
KTG	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 1%	15.4075	16.0634	16.5061	16.8371	17.0930	17.3042	17.4829	17.6332
df	10	11	12	13	14	15	16	17
Nilai Jarak	4.3740	4.4020	4.4275	4.4500	4.4700	4.4885	4.5055	4.5205
KTG	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 1%	17.7652	17.8789	17.9825	18.0739	18.1551	18.2302	18.2993	18.3602
df	18	19	20	21	22	23	24	25
Nilai Jarak	4.5350	4.5485	4.5605	4.5605	4.5605	4.5605	4.5604	4.5604
KTG	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884	49.4884
r	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000	3.0000
DMRT 1%	18.4191	18.4739	18.5227	18.5226	18.5225	18.5225	18.5224	18.5223

Lampiran 19. Proses Degradasi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Ganyong Dengan Penambahan Gliserol dan Selulosa Asetat

a. Massa Awal



b. Hari Ke-1



c. Hari Ke-2



d. Hari Ke-3



e. Hari Ke-4



f. Hari Ke-5



g. Hari Ke-6



h. Hari Ke-7



i. Hari Ke-8



j. Hari Ke-9



k. Hari Ke-10

