

SKRIPSI

**PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBASIS PATI
DALUGA (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) DAN PATI UBI
KAYU (*Manihot esculenta* Crantz)**

***MAKING OF BIODEGRADABLE PLASTIC BASED ON
DALUGA STARCH (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) AND
CASSAVA STARCH (*Manihot esculenta* Crantz)***



**Muhammad Afnan
05061281924058**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

SUMARRY

MUHAMMAD AFNAN. Making of Biodegradable Plastic Based on Daluga Starch (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) and Cassava Starch (*Manihot esculenta* Crantz) (Supervised by **SABRI SUDIRMAN**).

This study aimed to determine the characteristics and biodegradability of biodegradable plastics based on daluga starch and cassava starch. The research was carried out in a laboratory experimental manner and the data obtained were analyzed using the ANOVA test (Randomized Block Design). The making of biodegradable plastic here is carried out with 5 different formulations based on the ratio of daluga starch and cassava starch (100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, 0%:100%). The properties of biodegradable plastics tested included thickness, tensile strength, water absorption and biodegradability. The results are presented in tables and graphs. The results of this study indicate that the thickness range is 0.21-0.44 mm, tensile strength is 265.64-272.54 MPa, water absorption is 69.15-72.34 % and biodegradability is 61.34-72.61 %. The ratio of daluga starch and cassava starch which produces biodegradable plastic with the best characteristics using 100% daluga starch was determined as the best formulation based on thickness, tensile strength and biodegradability values.

Keywords : Biodegradable plastic, characteristics, daluga starch, cassava starch

RINGKASAN

MUHAMMAD AFNAN. Pembuatan Plastik *Biodegradable* Berbasis Pati Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) dan Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) (Dibimbing oleh **SABRI SUDIRMAN**).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan daya biodegradabilitas dari plastik *biodegradable* berbasis pati daluga dan pati ubi kayu. Penelitian dilaksanakan secara eksperimental laboratorium dan data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji ANOVA (Rancangan Acak Kelompok). Pembuatan plastik *biodegradable* di sini dilakukan dengan 5 formulasi berbeda berdasarkan rasio pati daluga dan pati ubi kayu (100%:0%, 75%:25%, 50%:50%, 25%:75%, 0%:100%). Sifat plastik *biodegradable* yang diuji meliputi ketebalan, kuat tarik, daya serap air dan biodegradabilitas. Hasil tersebut disajikan dalam tabel dan grafik. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rentang ketebalan adalah 0.21-0.44 mm, kuat tarik 265.64-272.54 MPa, daya serap air 69.15-72.34 % dan biodegradabilitas 61.34-72.61 %. Adapun rasio pati daluga dan pati ubi kayu yang menggunakan 100% pati daluga ditetapkan sebagai formulasi terbaik berdasarkan ketebalan, kuat tarik dan nilai biodegradabilitas.

Kata kunci : Plastik *biodegradable*, karakteristik, pati daluga, pati ubi kayu

SKRIPSI

PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBASIS PATI DALUGA (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) DAN PATI UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz)

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



Muhammad Afnan
05061281924058

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN PERIKANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE* BERBASIS PATI DALUGA (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) DAN PATI UBI KAYU (*Manihot esculenta* Crantz)

SKRIPSI

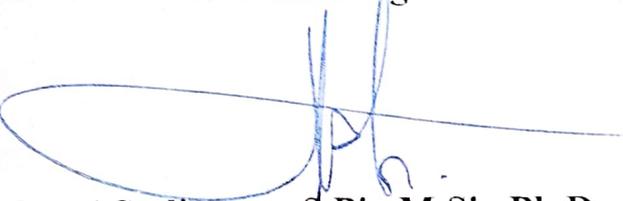
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Perikanan pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh:

Muhammad Afnan
05061281924058

Indralaya, Juni 2023

Pembimbing


Sabri Sudirman, S.Pi., M.Si., Ph.D
NIP.198804062014041001

Mengetahui

Dean Fakultas Pertanian



Prof. Dr. W. A. Muslim, M.Agr
NIP. 196412291990011001

Skripsi dengan Judul “Pembuatan Plastik *Biodegradable* Berbasis Pati Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) dan Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz)” oleh Muhammad Afnan telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 04 Mei 2023 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

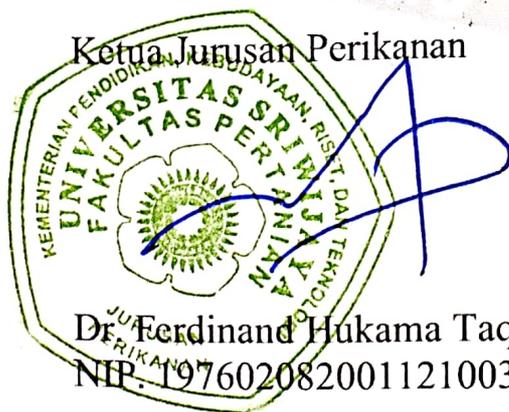
1. Sabri Sudirman, S.Pi., M.Si., Ph.D Ketua
NIP. 198804062014041001
2. Susi Lestari, S.Pi., M.Si Anggota
NIP. 197608162001122002
3. Dr. Sherly Ridhowati N.I, S.TP., M.Sc Anggota
NIP. 198204262012122003

(.....)

(.....)

(.....)

Ketua Jurusan Perikanan



Dr. Ferdinand Hukama Taqwa S.Pi., M.Si
NIP. 197602082001121003

Indralaya, Juni 2023
Koordinator Program Studi
Teknologi Hasil Perikanan

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to Prof. Dr. Ace Bachaki.

Prof. Dr. Ace Bachaki, S.Pi., M.Si
NIP. 197606092001121001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Afnan

NIM : 05061281924058

Judul : Pembuatan Plastik *Biodegradable* Berbasis Pati Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) dan Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz).

Menyatakan bahwa seluruh data dan informasi yang disajikan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervise pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiat dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, Juni 2023



(Muhammad Afnan)

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Muhammad Afnan, putra dari Bapak Indra Gunawan dan Ibu Fauziah. Pada tanggal 12 Oktober 2001, penulis dilahirkan di Desa Tanjung Batu, Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan, dan dibesarkan di sana. Penulis adalah anak pertama dari empat bersaudara.

Pada tahun 2013 penulis menyelesaikan sekolah dasar di SDN 16 Tanjung Batu, kemudian pada tahun 2016 menyelesaikan sekolah menengah pertama di SMPN 01 Tanjung Batu dan menyelesaikan sekolah menengah atas tahun 2019 di SMAN 01 Tanjung Batu. Saat ini penulis sedang melanjutkan pendidikan sarjana (S1) dengan menerima beasiswa BIDIKMISI di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Jurusan Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya melalui jalur SBMPTN pada tahun 2019. Penulis juga pernah mengikuti program dari MENRISTEKDIKTI melalui kegiatan pertukaran pelajar MERDEKA BELAJAR pada tahun 2021.

Penulis juga aktif mengikuti beberapa keorganisasian di dalam maupun di luar kampus. Pada tahun 2020 penulis diamanahkan sebagai Koordinator Internal di organisasi kedaerahan yaitu Himpunan Mahasiswa Kecamatan Tanjung Batu (HIMUKTA). Pada tahun 2022 penulis juga diamanahkan menjadi Ketua Komisi 1 Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Penulis juga merupakan anggota aktif di Himpunan Mahasiswa Teknologi Hasil Perikanan (HIMASILKAN) dan sempat diamanahkan menjadi sekretaris departemen kerohanian pada tahun 2021. Penulis telah melaksanakan kegiatan KKN di Sungai Rotan, Kabupaten Muara Enim dengan dosen pembimbing Bapak Fitra Gustiar, S.P., M.Si pada tahun 2021. Penulis juga telah melaksanakan Praktek Lapangan di UMKM Pempek Sentosa Palembang dengan dosen pembimbing Bapak Herpandi, S.Pi., M.Si., Ph.D pada tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur senantiasa tercurahkan atas rahmat dan karunia dari Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat, sehingga penulis diberikan kesempatan untuk menyelesaikan penelitian dengan judul “Pembuatan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) dan Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz)”. Shalawat beriring salam selalu tercurahkan kepada suri tauladan sekaligus nabi terakhir kita, Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya hingga di hari akhir nanti.

Proses pembuatan skripsi ini, tentunya penulis dibantu banyak pihak, baik secara moril ataupun materil. Maka, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M.Agr. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. Ferdinand Hukama Taqwa., S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Wulandari, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Magang yang telah bersedia membimbing, memberikan nasihat dan arahan sepanjang proses magang. Bapak Prof. Dr. Ace Baehaki, S.Pi., M.Si selaku Koordinator Program Studi Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya.
4. Ibu Wulandari, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Sabri Sudirman, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Skripsi.
6. Bapak Herpandi, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Praktek Lapangan.
7. Bapak Fitra Gustiar, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Kuliah Kerja Nyata.
8. Bapak Akram dan Ibu Siti Mayasari selaku Dosen Modul Nusantara.
9. Ibu Susi Lestari, S.Pi., M.Si dan Ibu Dr. Sherly Ridhowati N.I., S.TP., M.Sc. selaku Dosen Penguji Skripsi.
10. Bapak/Ibu Dosen Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Bapak Dr. Rinto S.Pi., M.P., Bapak Dr. Agus Supriyadi, S.Pt., M.Si., Bapak Gama Dian Nugroho, S.Pi., M.Si., Ibu Indah Widiastuti, S.Pi., M.Si., Ph.D., Ibu Siti

Hanggita R.J., S.T.P., M.Sc., Ph.D., Ibu Dr. Rodiana Nopianti, S.Pi., M.Sc., Ibu Puspa Ayu Pitayati, S.Pi., M.Si., dan Ibu Dwi Inda Sari, S.Pi., M.Si. Terima kasih banyak atas ilmu dan nasihat yang telah diberikan selama di Program Studi Teknologi Hasil Perikanan.

11. Mba Naomi, Mba Ana dan Mba Resa yang telah memberikan bantuan selama perkuliahan.
12. Keluarga tercinta yaitu Ema, Baba, Etek, Lala dan Obong. Terima kasih atas semua kasih sayang dan doa sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
13. Azhari partner dalam segala hal.
14. Teman-teman yang tergabung ke dalam grup “Beempat” yang diantaranya I’tishomul Hanif, Vahrani Malahiandah Purba, Soraya Rizka Amelia dan Desi.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak kesalahan baik yang disengaja maupun tidak. Untuk itu penulis memohon maaf dan bimbingan dari semua pihak agar lebih baik kedepannya. Penulis mengharapkan semoga penelitian telah dilaksanakan dapat bermanfaat bagi kita semua.

Indralaya, Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Kerangka Pemikiran.....	2
1.3. Tujuan dan Kegunaan	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Daluga (<i>Cyrtosperma merkusii</i> (Hassk.) Schott)	4
2.2. Pati Daluga	5
2.3. Ubi Kayu (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	6
2.4. Pati Ubi Kayu.....	6
2.5. Bioplastik	8
2.4. Asam Asetat	9
2.5. Gliserol.....	9
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN.....	11
3.1. Tempat dan Waktu	11
3.2. Alat dan Bahan.....	11
3.3. Metode Penelitian.....	11
3.4. Cara Kerja	11
3.4.1. Ekstraksi Pati Umbi Daluga	11
3.4.2. Ekstraksi Pati Ubi Kayu	12
3.4.3. Pembuatan Plastik Biodegradable.....	12
3.5. Parameter.....	13
3.5.1. Ketebalan.....	13
3.5.2. Kuat Tarik	13
3.5.3. Daya Serap Air.....	14

3.5.4. Biodegradabilitas	14
3.6. Analisis Data	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	16
4.1. Ketebalan	16
4.2. Kuat Tarik	17
4.1. Daya Serap Air	18
4.2. Biodegradabilitas	20
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	22
5.1. Kesimpulan	22
5.2. Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Daluga (<i>Cyrtosperma merkusii</i> (Haskk.) Schott)	4
Gambar 4.1. Nilai rata-rata ketebalan	16
Gambar 4.2. Nilai rata-rata kuat tarik	17
Gambar 4.3. Nilai rata-rata daya serap air	19
Gambar 4.4. Nilai rata-rata biodegradabilitas	20

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.2. Kandungan pati dan komponen pada umbi lokal	5
Tabel 2.4. Kada pati dalam bahan pangan	7

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Nilai Ketebalan.....	28
Lampiran 2. Perhitungan Nilai Kuat Tarik	29
Lampiran 3. Perhitungan Persentase Daya Serap Air	32
Lampiran 4. Perhitungan Persentase Biodegradabilitas	35
Lampiran 5. Dokumentasi Selama Penelitian	38

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik kini sudah menjadi bagian dari kehidupan sehari-hari. Hal tersebut dikarenakan saat ini pada industri makanan di Indonesia penggunaan dari kemasan plastik sudah mencapai 80%. Adapun untuk penggunaan dari kemasan luwes telah mencapai 53%. Alasan plastik menjadi pilihan utama pada industri makanan di Indonesia karena ada beberapa aspek penting diantaranya mempunyai sifat yang tahan lama, bersifat termoplastik, ringan, tidak reaktif, dapat dilakukan pewarnaan dan tahan terhadap pengkaratan (Nasution, 2016).

Plastik merupakan produk yang terbuat dari *fiber* sintetik, sehingga dikategorikan ke dalam produk *non biodegradable*. Pada umumnya plastik dapat terurai dalam jangka waktu 500-1000 tahun. Selama proses pembuatan plastik terdapat berbagai campuran yang digunakan, beberapa diantaranya merupakan bahan kimia beracun yang ketika bersentuhan langsung dapat mengakibatkan penyakit terhadap makhluk hidup (Oktaviani, 2017).

Solusi untuk penanggulangan dari berbagai macam permasalahan plastik telah banyak dilakukan, pembuatan plastik *biodegradable* merupakan sebuah cara yang telah ditawarkan oleh para ilmuwan untuk mengatasi berbagai permasalahan tersebut. Menurut Yuniarti (2014), bahan yang dibutuhkan untuk membuat plastik *biodegradable* adalah polimer alami. Adapun keuntungan dari plastik berbahan dasar polimer alami ini salah satunya adalah dapat terurai dengan cepat.

Bahan polimer alami yang sering digunakan untuk membuat plastik yaitu pati. Alasan dari penggunaan pati pada pembuatan bioplastik karena kemampuan biodegradasinya yang baik. Hal tersebut dapat terjadi karena peran dari mikroorganisme yang memutus rantai polimer pada pati menjadi monomer-monomernya. Selain itu, pati juga bahan polimer yang ekonomis dan mudah di dapat (Park *et al.*, 2003).

Sumber utama penghasil pati yaitu umbi-umbian. Tanaman perairan yang memiliki bagian umbi yaitu Daluga. Daluga merupakan salah satu tanaman perairan berjenis umbi-umbian yang kandungan karbohidratnya sangat tinggi,

khususnya patinya yang mencapai 89,58%. Pati pada tanaman daluga ini sangat berpotensi untuk digunakan pada pembuatan *film* (Faridah *et al.*, 2019).

1.2. Kerangka Pemikiran

Plastik merupakan produk yang sulit untuk terdegradasi. Penggunaan plastik yang tidak perlu menyebabkan penumpukan sampah plastik yang dapat mencemari lingkungan, sehingga berdampak buruk pada pengelolaan ekologis. Pada tahun 2016, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melaporkan setidaknya ada 66 juta ton sampah plastik diproduksi setiap tahunnya di Indonesia. Indonesia berada di urutan keempat setelah China, Vietnam dan Thailand. Banyaknya sampah plastik yang dibuang ke sungai berdampak terhadap saluran air yang tersumbat dan menyebabkan terjadinya banjir. Penimbunan sampah plastik ke dalam tanah juga tidak efektif sebagai solusi untuk mengurangi sampah plastik. Komponen utama plastik yaitu polimer sintetik memerlukan waktu puluhan bahkan ratusan tahun untuk dapat terdegradasi. Hasil dari pembakaran plastik yaitu emisi karbon yang sangat berbahaya untuk kesehatan dan berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, berbagai cara terus dilakukan oleh para ilmuwan untuk menghasilkan bahan kemasan plastik yang tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar. Pembuatan plastik menggunakan polimer alami yang kandungan pati atau selulosanya tinggi merupakan sebuah metode yang telah dicoba oleh ilmuwan (Gironi dan Piemonte, 2011).

Umbi-umbian merupakan salah satu jenis tanaman yang menghasilkan pati tinggi. Beberapa jenis umbi-umbian diantaranya yaitu ubi jalar, ubi kayu, ganyong, talas, kentang, kunyit, bengkuang, kencur dan jahe. Pembuatan plastik *biodegradable* juga telah dilakukan oleh Aripin (2017) dengan menggunakan bahan baku utamanya yaitu pati ubi jalar dengan penambahan gliserol. Selain itu Zulnazri *et al.* (2019) juga telah membuat plastik *biodegradable* yang terbuat dari bahan baku pati yang berasal dari bagian batang dan umbi ubi kayu.

Salah satu tumbuhan perairan yang mengandung pati tinggi yaitu daluga. Pada penelitian Lintang *et al.* (2016) dikatakan bahwa pada umbi daluga mengandung pati sebesar 49,89%. Pati daluga berpotensi untuk dijadikan bahan baku pembuatan plastik *biodegradable* dilihat dari *stock* dan karakteristiknya.

Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian yang berjudul pembuatan plastik *biodegradable* berbasis pati daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) untuk menghasilkan plastik yang mudah terdegradasi.

1.3. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan menentukan karakteristik dan daya biodegradabilitas dari plastik *biodegradable* berbasis pati daluga dan pati ubi kayu. Sehingga nantinya diharapkan mendapatkan hasil terbaik dari perbedaan formulasi yang dilakukan untuk memperoleh plastik *biodegradable* yang bersifat mudah terdegradasi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Daluga

Klasifikasi Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk). Schott) menurut United States Departement of Agriculture adalah sebagai berikut:

Divisi : Magnoliophyta
Class : Liliopsida
Sub class : Arecidae
Ordo : Arales
Familia : Araceae
Genus : *Cyrtosperma*
Species : *Cyrtosperma merkusii*



Gambar 2.1. Daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hassk). Schott)

Sumber: kontan.co.id

Talas rawa raksasa memiliki nama ilmiah yaitu *Cyrtosperma merkusii* (Hassk.) Schott. *C. edule* Schott, *C. chamissonis* (Schott) Merrill dan *C. lasoides* Griffith merupakan nama lain dari tanaman ini (Flach and Rumawas, 1996). Tumbuhan ini dikategorikan ke dalam famili Araceae dan genus *Cyrtosperma*. *Cyrtosperma* merupakan jenis tumbuhan yang berbeda dengan family Araceae lainnya, karena pada bagian batangnya keras dan berduri. Ada 12 jenis spesies pada genus *Cyrtosperma* ini dan hanya jenis talas raksasa yang dapat dimanfaatkan untuk dikonsumsi. Jenis talas raksasa ini dapat dikonsumsi baik pada bagian umbinya maupun daunnya (Hetterscheid, 2004).

Cyrtosperma merkusii ini termasuk ke dalam jenis tumbuhan herba. Tanaman ini dapat tumbuh hingga 2 meter lebih. Bagian daun tanaman ini berbentuk menyerupai anak panah (*sagittatus*) dan berwarna hijau. Pada bagian pinggir daunnya rata (*integer*), bagian ujungnya meruncing (*acuminatus*), berlekuk (*emarginatus*) untuk bagian pangkal daunnya. Untuk bagian daun panjang dan lebarnya berturut-turut berkisar diantara 27-67 cm dan 19-37 cm. Pada bagian pertulangan daun dan tangkai daun terdapat banyak duri (Suci *et al.*, 2017).

2.2. Pati Daluga

Pati adalah polisakarida yang berbentuk glukosa. Amilosa dan amilopektin adalah dua polimer utama penyusun pati. Amilosa merupakan polimer alami yang strukturnya lurus, sedangkan amilopektin strukturnya bercabang (Jacobs dan Delcour 1998). Sumber dari pati ini bermacam-macam seperti dari biji-bijian, buah-buahan, sayuran maupun umbi-umbian. Berikut ini tanaman penghasil pati tinggi diantaranya yaitu sorgum, labu, ganyong, kentang, ubi kayu, ubi jalar, *amaranth*, *barley*, pisang, beras, gandum, sagu dan jagung. Pati belum digunakan secara luas karena sifat fisik dan kimianya tidak memenuhi kriteria. Oleh karena itu dilakukan modifikasi melalui perlakuan kimia, fisik, atau kombinasi keduanya untuk memenuhi standar pati dan meningkatkan harga jualnya (Li *et al.*, 2005).

Berdasarkan dari hasil penelitian dari Lintang *et al.* (2016), kisaran kandungan total pati, amilosa, dan amilopektin tepung longki, daluga, kolerea, dan wongkai satu sama lainnya saling berbeda nyata. Tabel di bawah ini menunjukkan detail mengenai kandungan pati dan komponennya.

Tabel 2.2. Kandungan Pati dan Komponen pada Umbi Lokal

Tumbuhan	Pati (%)	Amilosa (%)	Amilopektin (%)
Longki	42,70+0,10	15,09+0,10	27,55+0,02
Daluga	48,89+0,07	23,28+0,02	25,61+0,07
Kolerea	49,51+0,13	25,74+0,07	23,80+0,06
Wongkai	43,63+0,07	27,47+0,06	16,18+0,05

Sumber: Lintang *et al.* (2016)

2.3. Ubi Kayu

Ubi kayu juga dikenal dengan nama singkong. Keluarga dari tumbuhan ubi kayu ini merupakan suku jarak-jarakan. Persebaran singkong (*Manihot utilisima* atau *Manihot esculenta*) di Indonesia sangat luas dan telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat umum. Bahkan singkong ini di daerah-daerah tertentu dikenal dengan nama yang berbeda seperti kaspe di Papua, sampeu di Sunda, dan budin di Jawa (Gardjito *et al.*, 2013).

Menurut Rukmana (2002) dalam Kurniani (2009), tumbuhan singkong berbentuk bulat dengan diameter 2,5-4 cm. Pada bagian batangnya panjang dan beruas-ruas. Batang tanaman singkong ini tingginya berkisar diantara 1-4 meter. Pada bagian batang seiring berjalannya waktu warnanya akan berubah, pada saat masih muda batangnya berwarna hijau, saat sudah agak tua warnanya menjadi hijau kelabu dan berubah menjadi kelabu semakin menuanya tumbuhan. Struktur dari empulur batang lunak dan empuk seperti gabus dan berwarna putih. Bagian permukaannya beralur dan tidak bercabang (Restiani *et al.*, 2014).

Pemanfaatan dari tanaman ini telah dilakukan dalam cakupan yang luas baik yang dikelola secara tradisional atau digunakan sebagai pakan hewan ternak dan industri non pangan, tetapi pemanfaatan utamanya dijadikan bahan pangan. Ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz atau *Maniot utilisissima phol*) adalah sumber karbohidrat sehingga menjadi makanan pokok sebagai sumber energi yang baik. Ubi kayu selain fungsi utamanya sebagai makanan pokok juga digunakan untuk bahan baku di beberapa industri, salah satunya pada industri pakan ternak. Pemanfaatan dari ubi kayu di Indonesia sebagian besar untuk sektor pangan yaitu sekitar 75%, pakan sebesar 2%, industri non pangan sebesar 14% dan sebanyak 9% tidak termanfaatkan (Hafsah, 2003).

2.4. Pati Ubi Kayu

Ubi kayu merupakan salah satu penghasil pati terbesar, bahkan telah dieksploitasi secara komersial. Untuk mendapatkan pati ubi kayu perlu dilakukan ekstraksi terlebih dahulu. Hasil proses ekstraksi umbi ubi kayu akan menghasilkan pati yang berwarna putih. Butiran pati singkong berukuran antara 5 hingga 35 μm , tetapi biasanya lebih dari 17 μm (Samsuri, 2008).

Pada industri pangan, pati digunakan sebagai bahan pengganti plastik konvensional menjadi *biodegradable film* karena karakteristik fisik yang diberikan baik, harganya yang murah dan dapat diperbaharui (Bourtoom, 2007). Pada pembuatan *edible film*, bahan yang bisa digunakan yaitu pati dan serat. Beberapa jenis tanaman yang kandungan patinya tinggi seperti sereal, polong-polongan dan ubi-ubian. Singkong, kentang dan ubi jalar merupakan sumber penghasil pati dari ubi-ubian (Liu, 2005 dalam Cui, 2005). Pada bisnis makanan dan usaha berbasis pati, sebagai bahan tambahan pati yang berasal dari singkong cukup populer karena mengandung pati yang tinggi (Niba, 2006 dalam Hui, 2006). Tabel di bawah ini menunjukkan jumlah kadar pati dalam beberapa bahan makanan.

Tabel 2.4. Kadar Pati Dalam Bahan Pangan

Bahan Pangan	Kadar Pati Basis Kering
Biji Gandum	67
Beras	89
Jagung	57
Biji Shorgum	72
Kentang	75
Ubi Jalar	90
Ubi Kayu	90

Sumber: Liu (2005) dalam Cui (2005)

Kandungan amilopektin pada pati singkong sebesar 83%. Akibat tingginya kandungan amilopektin menyebabkan persentase *retrogradasi* terjadi sangat kecil dan pasta yang terbentuk menjadi bening. Granula pati singkong, seperti yang dijelaskan oleh Murphy (2000) berbentuk lonjong, pada bagian atasnya dipotong berbentuk kerucut dan mirip seperti alat musik timpani. Temperatur pembentukan pasta adalah 63°C, sedangkan temperatur gelatinisasi pati ubi kayu antara 62°C-73°C. Kandungan pati pada singkong yang mencapai 90% dan produksinya yang tinggi di Indonesia membuat singkong memiliki peluang untuk dijadikan bahan baku pembuatan bioplastik secara komersial (Santoso *et al.*, 2004).

2.5. Bioplastik

Bioplastik atau yang juga dikenal dengan plastik *biodegradable* merupakan produk yang sifatnya mirip dengan plastik pada umumnya yaitu bisa dipakai untuk berbagai macam produk. Seiring berjalannya waktu pembuatan bioplastik memiliki potensi yang besar untuk melestarikan ekosistem. Plastik *biodegradable* pada umumnya berbahan dasar biopolimer baik pati maupun serat. Plastik *biodegradable* tersebut dapat berbentuk *low density polietilen* (LDPE), *polypropilen* (PP), maupun *high density polietilen* (HDPE) (Aripin, 2017).

Penggunaan jenis plastik *biodegradable* ini memiliki beberapa kekurangan diantaranya sifat fisik dan mekanik yang masih dibawah plastik sintetis dan harganya cukup mahal. Oleh sebab itu plastik sintetis masih sering digunakan untuk mengemas makanan. Adapun penggunaan dari polimer alam yang dapat terdegradasi seperti karet, *silk*, *wood* dan *cotton*, dan polimer yang berasal dari *monomer* seperti *polylactic acid* (PLA), *polyhydroxyalkanater* (PHaS) dan *tryglicerides* sudah banyak digunakan. Plastik *biodegradable* yang sudah sepenuhnya terdegradasi menghasilkan gas CO₂, H₂O, CH dan produk lainnya. Hasil dari degradasi plastik berasal dari besarnya *surface erosion* pada polimer nano komposit dibandingkan polimer sintetis berbentuk komposit (Pudjiastuti, 2015).

Pembuatan bioplastik biasanya menggunakan beberapa bahan diantaranya yaitu pati, selulosa, NaOH, aquades dan gliserol. Pati dan selulosa merupakan komponen utama pada pembuatan bioplastik. Penambahan NaOH pada pembuatan bioplastik yaitu sebagai katalisator. Aquades digunakan sebagai pelarut senyawa organik. Gliserol berfungsi sebagai *plasticizer* untuk membuat bahan menjadi lebih fleksibel dan elastis. Plastik *biodegradable* dari limbah biji mangga dibuat dengan bahan utama yaitu pati dari biji mangga yang ditambahkan gliserol dan selulosa. Selulosa pada plastik biji mangga ini berasal dari serbuk kayu jati. Pati yang telah didapatkan kemudian dicampurkan dengan aquades dengan perbandingan 1:20. Langkah selanjutnya yaitu pengadukan selama 20 menit diatas *hot plate* pada suhu 90°C. Penambahan gliserol dilakukan pada saat pengadukan tersebut. Setelah itu, selulosa ditambahkan ke dalam bioplastik dengan perbandingan pati sebagai berikut yaitu 6:4, 7:3, 8:2 dan 9:1. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan kesimpulan bahwa pati biji mangga dapat

digunakan untuk membuat plastik *biodegradable* dan penambahan gliserol dan selulosa dari serbuk kayu jati berpengaruh pada karakteristik plastik (Septiosari, 2014).

2.6. Asam Asetat

Senyawa asam karboksilat yang paling sederhana adalah asam asetat. Senyawa ini memiliki sifat *korosif*, yaitu zat yang dapat merangsang terjadinya perkaratan pada bahan. Sifat lain dari asam ini yaitu bersifat *hidrofilik*, dimana senyawa ini mampu berikatan dengan air. Asam ini dapat diproduksi dengan melakukan sintesis menggunakan rhodium kompleks dibantu dengan suatu reaksi pada suhu 180°C. Asam asetat juga dapat diperoleh secara alami yaitu melalui proses fermentasi bakteri *aerobic*. Pada salah satu penelitian mengenai bioplastik, asam asetat dapat menghasilkan asam laktat melalui pemecahan rantai polisakarida. Oleh karena itu, pada reaksi yang terjadi pada polisakarida asam asetat dapat menjadi katalis. Pada proses pembuatan bioplastik, asam asetat yang ditambahkan ke dalamnya ternyata membuat sifat mekanik dan fisik plastik menjadi lebih baik (Yuniarti *et al.*, 2014).

2.7. Gliserol

Bahan pemlastis atau yang dikenal dengan *plasticizer* adalah senyawa ataupun zat yang dimasukkan pada proses pembuatan bioplastik dengan tujuan untuk meningkatkan karakteristik plastik sehingga polimer yang didapat lebih luwes dan fleksibel. Suhu perubahan *liquid* polimer, suhu pembentukan kristal atau suhu leleh akan diturunkan untuk melarutkan *plasticizer* di setiap rantai polimer dan memfasilitasi pergerakan molekul polimer (Wypych, 2004).

Penggunaan *plasticizer* berfungsi untuk meningkatkan *elastisitas* pada plastik. Mekanisme dari penggunaan *plasticizer* ini adalah jarak antar molekul ditingkatkan dan derajat ikatan hidrogen dikurangi. Dampak dari *plasticizer* yang digunakan secara berlebihan menyebabkan kelarutan plastik dalam air mengalami peningkatan. Syarat *plasticizer* yang digunakan untuk bahan pelembut adalah tidak terdegradasi baik oleh udara, cahaya maupun panas. Syarat lainnya yaitu bahan tidak membuat terjadi reaksi perkaratan dan tidak mempengaruhi

perubahan warna polimer. Sifat *plastis* pada plastik dapat ditingkatkan menggunakan gliserol, oleh karena itu gliserol menjadi *plasticizer* yang sering digunakan (Huri dan Fitri, 2014).

Para peneliti dan ilmuwan telah menggunakan gliserol sebagai bahan pemlastis. Menurut Coniwanti (2014), penggunaan bahan baku seperti pati berubah secara signifikan ketika gliserol ditambahkan ke dalam *edible film*. Gliserol lebih disukai daripada pelarut seperti sorbitol karena lebih mudah dicampur ke dalam larutan film. Sementara itu, sorbitol sulit untuk berbau dan mengkristal secara efektif pada suhu kamar. Satu lagi kelebihan gliserol adalah bahan alami memiliki berat sub-atomik yang rendah sehingga perluasan komponen yang tidak dimurnikan dapat mengurangi kekokohan polimer sambil memperluas kemampuan adaptasi *film*. Gliserol merupakan jenis alkohol yang terbentuk karena terjadinya reaksi hidrasi. Gliserin juga dikenal sebagai 1,2,3-propanetriol adalah nama lain dari gliserol. Gliserol adalah zat tak berwarna dan tak berbau yang rasanya manis dan terlihat seperti sirup cair. Secara berturut-turut titik leleh dan titik didih dari gliserol adalah 17,8°C dan 290°C. Pada etanol senyawa ini akan mudah larut, pada dioksan dan ester akan sulit untuk terlarut, sedangkan pada hidrokarbon tidak dapat terlarut. Gliserol digunakan sebagai pelembab pada produk kosmetik dikarenakan sifatnya yang *higroskopis*, yaitu mudah untuk menyerap air dari lingkungan sekitarnya. Gliserol ditemukan di semua lemak baik minyak nabati maupun hewani sebagai ester (gliserida). Gliserol sangat mudah untuk terlarut dalam air karena memiliki sifat *hidrofilik* dan termasuk ke dalam senyawa polar (Ningsih, 2015).

BAB 3

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini telah dilaksanakan di Labortaorium Pendidikan Kimia Universitas Sriwijaya, Laboratorium Pengolahan Teknologi Hasil Perikanan Universitas Sriwijaya dan Laboratorium Rekayasa Material Institut Teknologi Sumatera pada bulan November-Maret tahun 2023.

3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu parutan, pisau, baskom, cetakan alumunium 22x18 cm, gunting, neraca analitik, *beaker glass*, gelas ukur, *magnetic stirrer*, *hotplate*, mikrometer dan *universal testing machine*. Sedangkan bahan-bahan yang digunakan yaitu umbi daluga, umbi ubi kayu, gliserol, asam asetat 25%, aquades, air dan kertas label.

3.3. Metode Penelitian

Penelitian ini dirancang dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari lima perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan yang diberikan yaitu perlakuan perbedaan konsentrasi pati umbi daluga (UD) dan umbi ubi kayu (UK) yang terdiri atas:

K1= UD 100% : UK 0%

K2= UD 75% : UK 25%

K3= UD 50% : UK 50%

K4= UD 25% : UK 75%

K5= UD 0% : UK 100%

3.4. Cara Kerja

3.4.1. Ekstraksi Pati Umbi Daluga

Pada pembuatan plastik *biodegradable* bahan baku utamanya yaitu pati umbi daluga. Pertama, umbi daluga dikupas menggunakan pisau. Sebelum digunakan, umbi daluga dibersihkan dahulu menggunakan air yang mengalir. Lalu

umbi daluga yang sudah bersih dihaluskan menggunakan parutan. Umbi daluga yang sudah halus, kemudian diperas. Hasil perasan umbi daluga tadi disaring menggunakan kain saring dan ditampung di dalam baskom. Hasil penyaringan tadi itulah yang disebut dengan filtrat atau pati terlarut. Untuk mendapatkan pati basah, filtrat yang didapat tadi diendapkan dalam jangka waktu 3 jam. Selanjutnya pati basah dicuci menggunakan air yang mengalir. Setelah dilakukan pencucian, pati basah diendapkan selama 3 jam. Hasil dari pengendapan pati basah tadi didapatlah pati. Kemudian, pati dikeringkan selama 2 hari pada suhu 50 °C dan didapatlah pati kering yang akan digunakan pada penelitian ini (Ridwansyah, 2006).

3.4.2. Ekstraksi Pati Ubi Kayu

Selain pati umbi daluga, bahan lain yang akan digunakan untuk membuat plastik *biodegradable* ini adalah pati ubi kayu. Adapun untuk proses untuk mendapatkan pati ubi kayu sama halnya dengan proses untuk mendapatkan pati umbi daluga. Pertama, ubi kayu dikupas menggunakan pisau. Sebelum digunakan, ubi kayu dibersihkan dahulu menggunakan air yang mengalir. Lalu ubi kayu yang sudah bersih dihaluskan menggunakan parutan. Ubi kayu yang sudah halus, kemudian diperas. Hasil perasan ubi kayu tadi disaring menggunakan kain saring dan ditampung di dalam baskom. Hasil penyaringan tadi itulah yang disebut dengan filtrat atau pati terlarut. Untuk mendapatkan pati basah, filtrat yang didapat tadi diendapkan dalam jangka waktu 3 jam. Selanjutnya pati basah dicuci menggunakan air yang mengalir. Setelah dilakukan pencucian, pati basah diendapkan selama 3 jam. Hasil dari pengendapan pati basah tadi didapatlah pati. Kemudian pati dikeringkan selama 2 hari pada suhu 50 °C dan didapatlah pati kering yang akan digunakan pada penelitian ini (Ridwansyah, 2006).

3.4.3. Pembuatan Plastik Biodegradable

Beberapa bahan yang digunakan pada pembuatan plastik biodegradable berbasis pati daluga dan ubi kayu ini diantaranya pati umbi daluga, pati ubi kayu, aquades, asam asetat dan gliserol. Pertama, sebanyak 10 gram pati umbi daluga dan ubi kayu dicampur sesuai perbandingan yang ada pada perlakuan. Selanjutnya

dimasukkan aquades sebanyak 200 ml, asam asetat sebanyak 5 ml dan gliserol sebanyak 20% dari massa pati yang digunakan. Kemudian larutan diaduk pada suhu 70 °C dalam jangka waktu 20 menit. Adapun untuk mengaduk larutan tersebut menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian larutan dituangkan ke dalam cetakan aluminium dengan diameter 22x 5 cm. Selanjutnya, adonan dikeringkan pada suhu 60 °C dalam waktu 2 jam. Plastik *biodegradable* yang sudah jadi dikondisikan pada suhu kamar selama 2 hari (Sinaga, 2020).

3.5. Parameter

3.5.1. Ketebalan

Salah satu parameter penting dalam pembuatan bioplastik adalah ketebalan. Menurut Sumarto (2000), semakin tebal plastik *biodegradable* yang dibuat maka akan lebih terjamin keamanan dari produk tersebut. Adapun untuk standar ketebalan plastik biodegradable ini dalam *Japanese Industrial Standard* tentang kriteria plastik biodegradable yaitu $\leq 0,25$ mm.

3.5.2. Kuat Tarik

Kualitas plastik *biodegradable* ditentukan dengan menguji kekuatan tariknya. Uji kekuatan tarik ini dilakukan untuk melihat seberapa maksimal sampel dapat menahan tegangan sebelum putus. Pengujian ini bisa dikatakan sebagai uji daya tahan plastik biodegradable sebelum plastik terputus. Uji kuat tarik ini bisa dikatakan sebagai uji untuk melihat kualitas dari segi kekukatan plastik. Untuk standar pengujiannya merujuk pada standar *American Society for Testing and Material* (ASTM) sesuai yang tertera dalam SNI plastik *biodegradable*. Berdasarkan standar SNI 7188.7: 2016 nilai kuat tarik yang baik untuk plastik *biodegradable* yaitu berkisar diantara 24,7-302 MPa. Berikut ini rumus yang dapat digunakan untuk menentukan nilai kekuatan tarik (Rusli, 2017).

$$\text{Kuat Tarik (Mpa)} = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

F = Gaya maksimum

A = Luas penampang

3.5.3. Daya Serap Air

Parameter untuk menguji kemampuan dari suatu bahan dapat menyerap air di lingkungannya disebut uji daya serap air. Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk menjamin pada polimer terdapat ikatan dengan cara massa pada polimer ditambah setelah dilakukan pemuain yang teratur. Hal yang pertama dilakukan pada pengujian ini yaitu memasukkan aquades ke dalam tabung reaksi. Bioplastik yang telah jadi kemudian dipotong dengan ukuran 5×5 cm. Plastik yang telah dipotong kemudian dilakukan penimbangan. Plastik yang sudah ditimbang dimasukkan dalam tabung reaksi yang telah diisi aquadest dalam jangka waktu 5 menit. Sampel plastik diambil dan dibersihkan menggunakan tisu (Safitri *et al.*, 2016). Sampel plastik ditimbang menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{m \text{ awal} - m \text{ akhir}}{m \text{ awal}} \times 100\%$$

3.5.4. Biodegradabilitas

Kemampuan plastik *biodegradable* untuk terurai dengan cepat di lingkungan adalah salah satu karakteristik terpenting pada bioplastik. Biodegradabilitas adalah sebuah uji yang dilakukan untuk melihat plastik *biodegradable* yang kita buat ramah lingkungan atau tidak. Cara untuk mengetahuinya yaitu dengan mengubur sampel plastik di dalam tanah selama beberapa hari. Pengukuran berat sampel sebelum dan sesudah dikubur adalah sebuah cara melihat kehilangan massa pada plastik. Sebelum dilakukan pengujian biodegradabilitas masing-masing sampel plastik dipotong dengan ukuran 5x5 cm. Pengujian biodegradabilitas plastik ini dilakukan dengan mengubur bioplastik dalam tanah selama 7 hari (Saputro dan Ovita, 2017).

$$\text{Biodegradabilitas (\%)} = \frac{m \text{ awal} - m \text{ akhir}}{m \text{ awal}} \times 100\%$$

3.6. Analisis Data

Data yang didapatkan diperoleh dari nilai ketebalan, kuat tarik, persentase daya serap air dan persentase biodegradabilitas. Hasil perhitungan tersebut

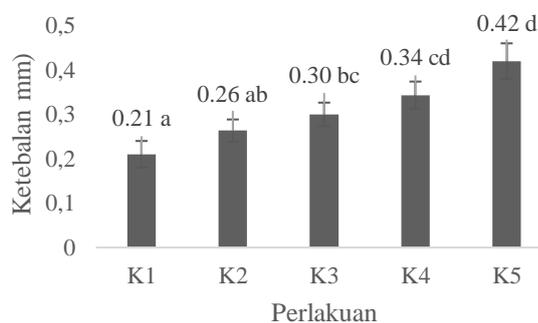
kemudian dianalisis menggunakan statistik parametrik menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Apabila hasil yang didapatkan berpengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan selang kepercayaan 95%.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Ketebalan

Rerata nilai ketebalan plastik *biodegradable* berbasis pati umbi daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hask.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) disajikan pada Gambar 4.1.1.



Gambar 4.1. Nilai rata-rata uji ketebalan plastik

Nilai pada grafik menunjukkan adanya kenaikan dari nilai rata-rata ketebalan plastik. Pada grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai ketebalan tertinggi terdapat pada perlakuan K5 dengan rerata 0,42 mm, sedangkan pada perlakuan K1 mendapatkan nilai terendah dengan reratanya 0,21 mm. Untuk perlakuan K2, K3 dan K4 masing-masing reratanya adalah 0,26 mm, 0,3 mm dan 0,34 mm. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai ketebalan terbesar didapat oleh perlakuan K5 yaitu dengan formulasi pati ubi kayu 100%, sedangkan rerata yang paling kecil didapat oleh perlakuan K1 dengan formulasi pati daluga 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa semakin besar persentase pati daluga yang dimasukkan maka akan menghasilkan plastik *biodegradable* yang tipis dan mendekati dengan pati ubi kayu dan lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

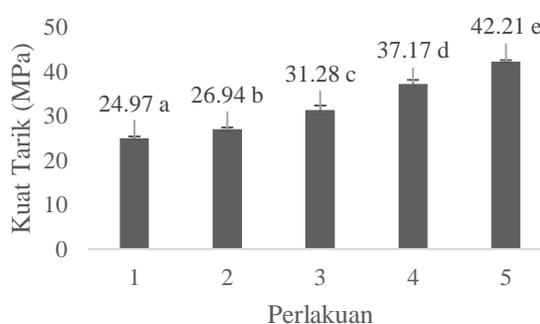
Pada penelitian ini perlakuan K1 dan K5 berbeda nyata ($p < 0,05$). Hal tersebut terjadi karena kemampuan dari film untuk membentuk *matriks*. Adapun karakteristik pati yang baik untuk membentuk *matriks film* ini yaitu pati dengan kandungan amilosa tinggi. Pada pati daluga kandungannya tidak terlalu

tinggi sehingga kemampuan untuk membentuk *matriks film* rendah, sebaliknya pati ubi kayu kandungan amilosanya tinggi sehingga dapat membentuk *matriks film* yang baik. Kandungan amilosa yang tinggi menyebabkan nilai ketebalan pada plastik menjadi tinggi. Hal tersebut membuat plastik memiliki kemampuan *permeabilitas* oksigen dan karbon dioksida yang lebih baik, sehingga memiliki umur simpan yang lebih panjang. Jika plastik yang dihasilkan terlalu tebal, maka akan menyebabkan plastik menjadi tidak transparan (Ulfimarjan, 2016).

Plastik *biodegradable* pada penelitian ini mendapatkan ketebalan terbaik pada perlakuan K1 dengan nilai ketebalan 0,21 mm. Nilai ketebalan bioplastik yang layak menurut Japanese Industrial Standard adalah $\leq 0,25$ mm (JIS, 1975). Jika dibandingkan dengan penelitian dari Rozi *et al.* (2020), yang memiliki ketebalan terbaik yaitu 0,27 mm, maka nilai yang didapat pada penelitian sudah lebih baik. Kekuatan tarik dan penyerapan air adalah dua parameter lain yang akan dipengaruhi oleh parameter ketebalan ini. Pada penelitian ini nilai ketebalan plastik *biodegradable* berbanding lurus dengan nilai kuat tarik dan berbanding terbalik dengan nilai daya serap air, semakin tebal plastik *biodegradable* yang dihasilkan maka nilai kuat tarik akan semakin tinggi sedangkan nilai daya serap airnya akan semakin rendah.

4.2. Kuat Tarik

Rerata nilai kuat tarik plastik *biodegradable* berbasis pati umbi daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hask.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) disajikan pada Gambar 4.2.



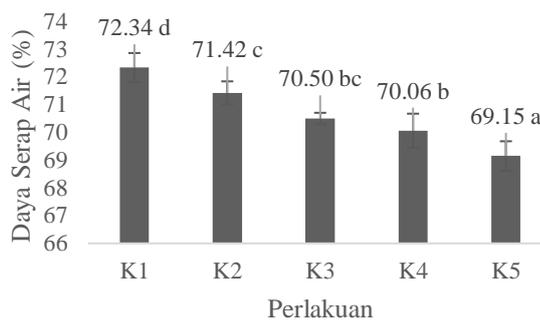
Gambar 4.2. Nilai rata-rata uji kuat tarik

Grafik menunjukkan rerata kuat tarik mengalami kenaikan. Sesuai yang tertera pada grafik perlakuan K5 mendapat nilai kuat tarik yang paling tinggi dengan rerata 42,21 MPa, sebaliknya perlakuan K1 mendapat nilai yang paling rendah dengan nilai rerata 24,97 MPa. Pada penelitian ini formulasi pati ubi kayu 100% pada perlakuan K5 mendapat nilai rerata paling besar, sedangkan formulasi pati daluga sebanyak 100% pada perlakuan K1 mendapat nilai rerata paling kecil. Semua perlakuan pada penelitian ini sudah memenuhi nilai kuat tarik menurut SNI. Adapun perlakuan yang mendapatkan nilai kuat tarik terbaik dan memenuhi standar SNI yaitu pada perlakuan K5 dengan nilai 42,21 MPa. Untuk perlakuan K1, K2, K3 dan K4 mendapatkan nilai kuat tarik masing-masing sebesar 24,97 MPa, 26,94 MPa, 31,28 MPa dan 37,17 MPa.

Ketebalan plastik berpengaruh pada kekuatan tarik plastik. Pernyataan tersebut diperjelas dengan ungkapan yang dikemukakan oleh Rusli *et al.* (2017), kekuatan tarik akan meningkat seiring dengan ketebalan plastik yang dihasilkan, tetapi kemulurannya akan menurun. Hal ini berhubungan dengan persentase amilosa dan amilopektin. Pada penelitian ini semua perlakuan berbeda nyata ($p < 0,05$) pada nilai ketebalannya, hal ini dapat terjadi karena jumlah polimer pada formasi *matriks* yang semakin banyak. Hal tersebut menyebabkan semakin kuatnya ikatan antar polimer dan nilai kuat tarik semakin meningkat (Warkoyo *et al.*, 2014). Pada penelitian Zulnazri *et al.* (2019), nilai kuat tarik terbaik yang didapat yaitu 274,6 MPa. Nilai kuat tarik plastik *biodegradable* yang didapatkan sudah lebih baik dibandingkan penelitian dari Rozi *et al.* (2020), dengan nilai kuat tarik terbaik sebesar 7,17 MPa.

4.3. Daya Serap Air

Rerata nilai daya serap air plastik *biodegradable* berbasis pati umbi daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hask.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) disajikan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3. Nilai rata-rata daya serap air

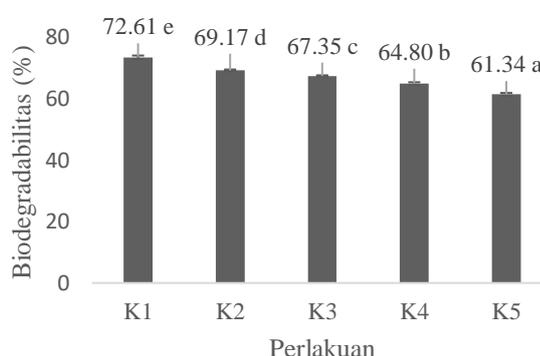
Nilai pada grafik dapat dilihat terjadi penurunan daya serap air. Pada grafik tersebut perlakuan K1 mendapat nilai rerata terbesar dengan nilai 72,34%, sebaliknya pada perlakuan K5 mendapat nilai terkecil dengan nilai 69,15%. Untuk perlakuan K2, K3 dan K4 masing-masing reratanya adalah 70,06%, 70,50% dan 71,34%. Pada penelitian ini formulasi pati umbi daluga 100% pada perlakuan K1 mendapat nilai rerata yang paling besar, sedangkan formulasi pati ubi kayu sebanyak 100% pada perlakuan K5 mendapat nilai rerata yang paling kecil. Pada penelitian ini rerata nilai daya serap airnya berada dikisaran 69,15%-72,34%. Sedangkan pada penelitian Wahyuningtyas dan Suryanto (2017), didapat berkisar antara 44,44% - 88,88%. Persentase daya serap air plastik yang didapatkan sudah lebih kecil dibandingkan penelitian Muharam *et al.* (2022), yang memiliki nilai daya serap air sebesar 73,47%.

Pada penelitian ini perlakuan K1 dan K5 saling berbeda nyata ($p < 0,05$) pada nilai daya serap air, sama halnya pada nilai ketebalan. Nilai daya serap air dan ketebalan saling berhubungan. Berdasarkan pendapat Wahyuningtyas *et al.* (2019), menunjukkan bahwa ketahanan air *matriks* bioplastik akan meningkat dengan meningkatnya kerapatan dan ketebalan. Pada penelitian ini nilai daya serap air terbaik yang didapatkan yaitu 69,15% masih tergolong tinggi untuk sebuah standar kemasan plastik. Hal yang menyebabkan tingginya daya serap air pada plastik *biodegradable* ini dikarenakan terbuat dari pati. Pada pati tersebut mengandung amilosa yang cukup tinggi. Sifat dari amilosa ini mudah dalam menyerap air, namun dapat dengan mudah juga ikatan tersebut terlepas. Berbeda dengan amilopektin yang membutuhkan waktu lebih lama untuk menyerap air,

namun sulit untuk melepaskan ikatannya. Hal tersebut dapat terjadi karena pada amilopektin ikatannya bercabang, sehingga lebih susah untuk menyerap air dibandingkan amilosa yang tidak bercabang (Nandika *et al.*, 2021).

4.4. Biodegradabilitas

Rerata nilai biodegradabilitas plastik *biodegradable* berbasis pati umbi daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hask.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) disajikan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4. Nilai rata-rata biodegradabilitas

Nilai pada grafik menunjukkan bahwa nilai biodegradabilitas plastik mengalami penurunan. Grafik tersebut menunjukkan bahwa perlakuan K1 memiliki nilai rata-rata biodegradabilitas tertinggi dengan nilai 72,61%, sedangkan perlakuan K5 memiliki nilai rata-rata terendah dengan nilai 61,34%. Untuk perlakuan K2, K3 dan K4 masing-masing reratanya adalah 69,17%, 67,35% dan 64,80%. Pada penelitian ini formulasi pati umbi daluga 100% pada perlakuan K1 mendapat nilai rerata paling besar, sedangkan formulasi pati ubi kayu sebanyak 100% pada perlakuan K5 mendapat nilai rerata paling kecil. Pada penelitian ini semua perlakuan saling berbeda nyata ($p < 0,05$), hal ini dapat terjadi karena sifat fisik dari plastik, salah satunya yaitu nilai kekuatan tarik. Pada hasil uji kekuatan tarik pada penelitian ini juga saling berbeda nyata, jadi nilai biodegradabilitasnya juga saling berbeda nyata pada setiap perlakuannya. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar persentase pati daluga dimasukkan maka akan lebih mudah plastik *biodegradable* terdegradasi.

Uji biodegradabilitas yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan mengubur sampel di dalam tanah selama 7 hari. Semua perlakuan pada penelitian ini nilai biodegradabilitas plastiknya sudah cukup tinggi yakni dalam kisaran 61,34%-73,44%. Adapun perlakuan yang mendapatkan nilai biodegradabilitas terbaik pada perlakuan K1 dengan 72,61% bahan terdegradasi. Untuk perlakuan K2, K3, K4, dan K5 mendapatkan nilai biodegradabilitas masing-masing yaitu 69,17%, 67,35%, 64,80% dan 61,34% bahan terdegradasi dalam jangka waktu 7 hari. Nilai biodegradabilitas plastik ini dipengaruhi persentase kadar amilosa dan amilopektin pada pati yang digunakan. Jika pati mengandung amilosa lebih banyak dibandingkan amilopektin maka plastik akan lebih cepat terdegradasi. Hal tersebut dikarenakan rantai lurus pada amilosa yang pendek lebih mudah untuk terurai dibandingkan dengan rantai bercabang pada struktur amilopektin (Ramadhan dan Prima, 2021). Pada penelitian Wahyuningtiyas dan Suryanto (2017), nilai biodegradabilitas yang didapat pada bioplastik dalam waktu 6 hari berkisar diantara 37,5% - 81,25%. Nilai biodegradabilitas plastik *biodegradable* yang didapatkan sudah mendekati penelitian Muharam *et al.* (2022), yang memiliki nilai biodegradabilitas sebesar 73,03%.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian mengenai pembuatan plastik *biodegradable* berbasis pati daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hask.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) dapat disimpulkan bahwa formulasi penggunaan pati daluga 100% menghasilkan plastik *biodegradable* yang lebih baik dibandingkan dengan formulasi lain untuk nilai ketebalan dan *biodegradabilitas*. Sedangkan untuk formulasi penggunaan pati ubi kayu 100% mendapatkan nilai kuat tarik dan daya serap air yang terbaik dibandingkan formulasi lainnya. Untuk secara keseluruhan formulasi penggunaan pati daluga 100% menjadi perlakuan terbaik pada penelitian ini berdasarkan nilai ketebalan, kuat tarik dan *biodegradabilitas*.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian pembuatan plastik *biodegradable* berbasis pati daluga (*Cyrtosperma merkusii* (Hask.) Schott) dan pati ubi kayu (*Manihot esculenta* Crantz) adalah penggunaan dari plastik untuk kemasan primer tetapi dengan catatan produknya merupakan produk kering. Selain itu, untuk memaksimalkan fungsi dari plastik pada penelitian lebih lanjut untuk memperbaiki nilai daya serap air, supaya bisa digunakan untuk produk basah dan semi basah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aripin S. 2017. Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation. *Jurnal Teknik Mesin Mercu Buana* 6(2): 79-84.
- Atifa, N. R., N. Nazir., dan G. Taib. 2020. Karakteristik Bioplastik dari Pati Biji Durian dan Pati Singkong yang Menggunakan Bahan Pengisi MCC (*Microcrystalline cellulose*) dari Kulit Kakao. *Jurnal Gema Agro* 25 (1): 01-10.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. SNI 7188.7:2016. Kriteria Ekolabel Bagian 7: Kategori Produk Tas Belanja Plastik dan Bioplastik Mudah Terurai. Badan Standarisasi Nasional : Jakarta.
- Bourtoom, T. 2007. Effect of some process parameters on the properties of edible film prepared from starch. Songkhla: Departement of Material Product Technology. Challenges and Opportunities. *Food Technology* 51 (2): 61-73.
- Coniwanti P. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradable dari Pati Jagung dengan Penambahan Kitosan dan Pemplastis Gliserol. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. *Jurnal Teknik Kimia*, Vol .20.
- Cronquist, A. 1981. *An integral system of classification of flowering plants*. New York. Columbia University.
- Flach, M. dan F. Rumawas, 1996. Plants yielding non-seed carbohydrates. Plant Research of South East Asia (PROSEA) No. 9. Bogor. Faridah
- Faridah, D.N., Nestri, P. dan Sri, L.S. 2019. Karakteristik Fisikokimia Tepung Daluga (*Cyrtosperma merkusii*. (Hassk.) Schott) Modifikasi Fermentasi Bakteri Asam Laktat dan *Heat Moisture Treatment*. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan* 8 (3): 94-99.
- French, B.R. 2010. *Food plants of Solomon Islands: a compendium*. Food Plants International Inc. Devonport. p. 160.
- Gardjito, M., Djuwardi, A. dan Harmayanti, E. 2013. *Pangan Nusantara, Karakteristik dan Prospek untuk Percepatan Diversifikasi Pangan*. Kencana. Jakarta.
- Gironi, F dan V. Piemonte. 2011. *Bioplastics and petroleum-based plastics: strengths and weaknesses*. Energy Source, Part A 33-1949-1959.
- Hafsah M.J. 2003. *Bisnis Ubi Kayu Indonesia*. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta. 263p.
- Hay, A. 1990. *Aroids of Papua New Guinea*. Christensen Research Institute, Papua New Guinea.
- Hettterscheid W. 2004. *Genera list (Cyrtosperma)*. International Aroid Society. United States.

- Huri, D. dan F.C. Nisa. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Apel terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Edible Film. *Jurnal Pangan dan Agroindustri Universitas Brawijaya*, 2(4), 29-40.
- Jackson, G.V. H. 2008. *Regeneration guidelines for major aroids*. In: M.E. Dulloo, I.
- Jacobs, H., dan Delcour, J.A. 1998. Hydrothermal modifications of granular starch with retention of the granular structure: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46:2895-2905.
- Japanese Industrial Standard. 1975. JIS 2-1707:1975. Japanese Standar Association, Japan.
- Li Chen Wu, Hsiu-Wen Hsu, Yun-Chen Chen, ChihChung Chiu, Yu-In Lin dan Annie Ho. 2005. *Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya*. Department of Applied Chemistry, National Chi-Nan University, University Road, Puli, Nantou, 545 Taiwan.
- Lintang M., P. Layuk dan G.H. Joseph. 2016. Karakteristik Tepung Umbi Daluga (*Cyrtosperma merkusii*), Wongkai (*Dioscorea* sp), Kolerea (*Colocasia* sp), dan Longki (*Xanthosoma* sp) Asal Sulawesi Utara, Substitusi Terigu untuk Pangan Pokok. *Jurnal Penelitian Pascapanen Pertanian*, 13(2), 83-90.
- Liu, Z., L. Peng and J.F. Kennedy. 2005. *The technology of molecular manipulation and modification assisted by microwaves as applied to starch granules*. *Carbohydrate Polymers* 61: 374-378.
- Maretni, S. dan Murkalina, M.T. 2017. Jenis-Jenis Tumbuhan Talas (Araceae) di Kecamatan Rasau Jaya Kabupaten Kubu Raya. *Jurnal Protobiont*, 6(1), 42-52.
- Muharam, T., D. Fitriani., D.F.M. Jannah., M.Z.A. Ghifari, dan Rony, P.S. 2022. Karakteristik Daya Serap Air dan Biodegradabilitas Pada Bioplastik Berbasis Pati Singkong dengan Penambahan Polyvinyl Alcohol. *e- Journal Akprind*, E-ISSN:2541-528X.
- Murphy P. 2000. *Handbook of hydrocolloids*. Woodhead Publishing Ltd and CRC Press LLC, New York.
- Nasution, R.S. 2015. Berbagai Cara Penanggulangan Limbah Plastik. *Journal of Islamic Science and Technology*, 1(1): 97-104.
- Nandika, A., Harsojuwono, B. A., dan Arnata, I. W. (2021). Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Bahan Pelmastis terhadap Bioplastik Glukomanan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 75–84.
- Niba, L.L. *Carbohydrates: Strach*. Di dalam Hui, Y.H. (editor). 2006. *Handbook of Food Science , Technology, and Engineering*. Taylor and Francis Group . New York.
- Ningsih, S., H. 2015. *Pengaruh Plasticizer Gliserol terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey dan Agar*. Skripsi. Universitas Hasanuddin Makassar.

- Oktaviani N. 2017. Analisis Pengelolaan dan Dampak Sampah terhadap Konsumsi Warga Sekitar Tempat Pembuangan Akhir. *Journal of Economic Syaria Law*, 1(1), 83-105.
- Park, H.M., Lee, W. K., Park, C. Y., Cho, W. J., & Ha, C. S. (2003). Environmentally Friendly Polymer Hybrids Part I Mechanical, Thermal, and Barrier Properties of Thermoplastic Starch/Clay Nanocomposites. *Journal of Material Science*, 38 : 909-915
- Pudjiastuti W. 2015. Polimer Nano Komposit sebagai Master Batch Polimer Biodegradable untuk Kemasan Makanan. *Jurnal Riset Industri*, 6(1), 51- 60.
- Ramadhan, S. dan Prima, R. W. 2021. Review Artikel: Aktivitas Enzim Amilase dari Bakteri Asam Laktat (Karakteristik dan Aplikasi). *UNESA Journal of Chemistry*, 10(2), 109-120.
- Restiani, R., D.I. Roslim dan Herman. 2014. Karakter Morfologi Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz) Hijau dari Kabupaten Pelalawan. *JOM FMIPA 1* (2): 619-623.
- Rukmana, R. 2002. Usaha Tani Ubi Kayu. Kanisius. Yogyakarta.
- Rusli, A., Metusalach, Salengke, dan Tahir, M. M. (2017). Karakterisasi Edible Film Karagenan dengan Pemplastis Gliserol. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(2), 219-229.
- Safitri, I., Riza, M., dan Syaubari, S. (2016). Uji Mekanik Plastik Biodegradable dari Pati Sagu dan Grafting Poly (Nipam) - Kitosan dengan Penambahan Minyak Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) sebagai Antioksidan. *Jurnal Litbang Industri*, 6(2): 107-116.
- Samsuri, B. 2008. *Penggunaan Pragelatinisasi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Santoso, B., D. Saputra, dan Pambayun, R. 2004. Kajian Teknologi Edible Coating dari Pati dan Aplikasinya Untuk Pengemas Primer Lempok Durian. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan* 15 (3).
- Saputro, A. N. C. dan Ovita, A. L. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik dari Kitosan - Pati Ganyong (*Canna edulis*). *Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia*, 2(1), 13-21.
- Septiosari, 2014. *Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang.
- Sinaga, A.S. 2020. *Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Serat Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq)*. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Thirathumthavorn, D. dan S. Charoenrein. 2007. *Aging effect on-and noncrystallizing sorbitol-plasticized tapioca starch films*. *Starch* 59:493-497.
- Ulfimarjan. 2016. *Pengaruh Konsentrasi Kitosan terhadap Karakteristik Bioplastik Pati Sagu*. Skripsi. Universitas Andalas.

- Utomo, J.S. dan S.S. Antarlina. 1997. *Kajian Sifat Fisiko-Kimia Pati Umbi-Umbian Selain Ubi Kayu*. p.241-248. Dalam: S. Budijanto, F. Zakaria, R. Dewanti Hariyadi, dan B. Satiawiharja (eds.). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pangan. Denpasar 16- 17 Juli 1997. Perhimpunan Ahli Teknologi PI-Mempangan RI.
- Wahyuningtyas, N.E dan H. Suryanto. 2017. Analysis of bioplastics made of cassava starch. *Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 1(1): 24-31
- Wahyuningtyas, D., Sukmawati, P.D., dan Al Fitria, N.M. 2019. Optimasi Pembuatan Plastik Biodegradable dari Pati Kulit Singkong dengan Penambahan Asam Sitrat sebagai Crossling Agent. *Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan*, p.6.
- Warkoyo, B. Rahardjo., D. W. Marseno., dan J. N. W. Karyadi. 2014. Sifat Fisik, Mekanik dan Barrier Edible Film Berbasis Pati Umbi Kimpul (*Xanthosoma sagittifolium*) yang Diinkorporasi dengan Kalium Sorbat. *Agritech*, 34(1), 72-81.
- Wypych, G., 2004. *Effect of plasticizer on properties plasticized materials in handbook of plasticizers*, Eds., ChemTec Publishing, Toronto, Canada
- Yuniarti, L.I., G.S. Hutomo., dan A. Rahim. 2014. Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu (*Metroxylon* sp). *e-Journal Agrotekbis*, 2 (1), 38-46. ISSN : 2338-3011.
- Zulnazri, S. Rahmadani., dan R. Dewi. 2019. Pemanfaatan Pati Batang Ubi Kayu dan Pati Ubi Kayu untuk Bahan Baku Alternatif Pembuatan Plastik Biodegradable. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 8 (1), 26-35.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Perhitungan Nilai Ketebalan

Analisis ragam

Ulangan	Perlakuan					Jumlah
	K1	k2	k3	k4	k5	
U1	0,21	0,24	0,29	0,31	0,46	1,51
U2	0,24	0,26	0,33	0,35	0,42	1,6
U3	0,18	0,29	0,28	0,37	0,38	1,5
Jumlah	0,63	0,79	0,9	1,03	1,26	4,61
Rerata	0,21	0,263333333	0,3	0,343333	0,42	
Sd	0,03	0,025166115	0,02645751	0,030551	0,04	

$$FK = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{t \times r} = \frac{(4,61)^2}{5 \times 3} = \frac{21,2521}{15} = 1,416807$$

$$JKT = \sum Y_{ij}^2 - FK = (0,21^2 + 0,24^2 + 0,29^2 + \dots + 0,38^2) - 1,416807 = 0,085893$$

$$JKP = \sum Y_i^2 - FK = \frac{(0,63^2 + 0,79^2 + 0,9^2 + 1,03^2 + 1,26^2)}{3} - 1,416807 = 0,7636$$

$$JKG = JKT - JKP = 0,085893 - 0,7636 = 0,00832$$

Sk	Db	Jk	KT	Fhit	0,05
Perlakuan	4	0,07636	0,01909	22,94471	0,167662
Galat	10	0,00832	0,000832		
Total	14	0,085893333			

Keterangan* = Berpengaruh nyata

Uji lanjut BNJ

$$SD = \sqrt{\frac{2 \times 0,000832}{3}} = 0,023551$$

$$BNJ = 2,22 \times 0,023551 = 0,05$$

Perlakuan	Rerata	BNJ
K1	0,21	a
K2	0,26	ab
K3	0,3	bc
K4	0,34	c
K5	0,42	d

Lampiran 2. Perhitungan Nilai Kuat Tarik

$$\begin{aligned}
 K1U1 &= \frac{6.475}{25} = 259 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 259 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\
 &= \frac{259 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 25,39 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K1U2 &= \frac{6.352}{25} = 254,08 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 254,08 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\
 &= \frac{254,08 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 24,91 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K1U3 &= \frac{6.282}{25} = 251,28 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 251,28 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\
 &= \frac{251,28 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 24,63 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K2U1 &= \frac{6.850}{25} = 274 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 274 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\
 &= \frac{274 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 26,86 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K2U2 &= \frac{6.992}{25} = 279,68 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 279,68 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\
 &= \frac{279,68 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 27,41 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K2U3 &= \frac{6.774}{25} = 270,96 \text{ kg/cm}^2 \\
 &= 270,96 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{270,96 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 26,56 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \text{K3U1} &= \frac{8.184}{25} = 327,36 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 327,36 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{327,36 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 32,09 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K3U2} &= \frac{8.074}{25} = 322,96 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 322,96 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{322,96 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 31,66 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K3U3} &= \frac{7.678}{25} = 307,12 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 307,12 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{307,12 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 30,11 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K4U1} &= \frac{9.208}{25} = 368,32 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 368,32 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{368,32 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 36,11 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K4U2} &= \frac{9.555}{25} = 382,2 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 382,2 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{382,2 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 37,47 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K4U3} &= \frac{9.667}{25} = 386,68 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 386,68 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \end{aligned}$$

$$= \frac{386,68 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 37,91 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} K5U1 &= \frac{10.847}{25} = 433,88 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 433,88 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{433,88 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 42,54 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K5U2 &= \frac{10.762}{25} = 430,48 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 430,48 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{430,48 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 42,20 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K5U3 &= \frac{10.683}{25} = 307,12 \text{ kg/cm}^2 \\ &= 427,32 \text{ kg/cm}^2 \times \frac{1 \text{ Pa}}{0,0000102 \text{ kg/cm}^2} \times \frac{1 \text{ MPa}}{10^6 \text{ Pa}} \\ &= \frac{427,32 \text{ kg/cm}^2}{10,2} = 41,89 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Analisis ragam

Ulangan	Perlakuan					Jumlah
	K1	k2	k3	k4	k5	
U1	25,39	26,86	32,09	36,15	42,54	163,03
U2	24,91	27,42	31,66	37,47	42,2	163,66
U3	24,63	26,56	30,11	37,91	41,89	161,1
Jumlah	74,93	80,84	93,86	111,53	126,63	487,79
Rerata	24,9766666 7	26,9466666 7	31,2866666 7	37,1766 7	42,21	
Sd	0,38436094 1	0,43650124 1	1,0414573 1	0,91593 3	0,32511 5	

$$FK = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{t \times r} = \frac{(487,79)^2}{5 \times 3} = \frac{237.939,084}{15} = 15.862,61$$

$$JKT = \sum Y_{ij}^2 - FK = (25,39^2 + 26,86^2 + 32,09^2 + \dots + 41,89^2) - 15.862,61 = 619,9321$$

$$\begin{aligned} JKP &= \sum Y_i^2 - FK = \frac{(74,93^2 + 80,84^2 + 93,86^2 + 111,53^2 + 126,63^2)}{3} - 15.862,61 \\ &= 615,197 \end{aligned}$$

$$JKG = JKT - JKP = 619,9321 - 615,197 = 4,023373$$

Sk	Db	Jk	KT	Fhit	0,05
Perlakuan	4	615,1970267	153,799257	382,2644	0,167662
Galat	10	4,023373333	0,40233733		
Total	14	619,9320933			

Keterangan* = Berpengaruh nyata

Uji lanjut BNJ

$$SD = \sqrt{\frac{2 \times 0,40233733}{3}} = 0,517904$$

$$BNJ = 0,517904 \times 2,22 = 1,15$$

Perlakuan	Rerata	BNJ
K1	24,97	a
K2	26.94	b
K3	31.28	c
K4	37.17	d
K5	42.21	e

Lampiran 3. Perhitungan Persentase Daya Serap Air

$$K1U1 = \frac{2,83 - 0,89}{2,83} \times 100$$

$$= 68,55 \%$$

$$K1U2 = \frac{2,79 - 0,85}{2,79} \times 100$$

$$= 69,53 \%$$

$$K1U3 = \frac{2,81 - 0,86}{2,81} \times 100$$

$$= 69,39 \%$$

$$K2U1 = \frac{2,79 - 0,84}{2,79} \times 100$$

$$= 69,89 \%$$

$$K2U2 = \frac{2,76 - 0,84}{2,76} \times 100$$

$$= 69,56 \%$$

$$\begin{aligned} K2U3 &= \frac{2,77 - 0,81}{2,77} \times 100 \\ &= 70,75 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K3U1 &= \frac{2,86 - 0,85}{2,86} \times 100 \\ &= 70,27 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K3U2 &= \frac{2,79 - 0,82}{2,79} \times 100 \\ &= 70,60 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K3U3 &= \frac{2,59 - 0,76}{2,59} \times 100 \\ &= 70,65 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K4U1 &= \frac{2,67 - 0,75}{2,67} \times 100 \\ &= 71,91 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K4U2 &= \frac{2,71 - 0,78}{2,71} \times 100 \\ &= 71,21 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K4U3 &= \frac{2,74 - 0,79}{2,74} \times 100 \\ &= 71,16 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K5U1 &= \frac{2,55 - 0,69}{2,55} \times 100 \\ &= 72,94 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K5U2 &= \frac{2,82 - 0,77}{2,82} \times 100 \\ &= 71,98 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K5U3 &= \frac{2,69 - 0,75}{2,69} \times 100 \\ &= 72,11 \% \end{aligned}$$

Analisis ragam

Ulangan	Perlakuan					Jumlah
	K1	k2	k3	k4	k5	
U1	68,55	69,89	70,27	71,91	72,94	353,56
U2	69,53	69,56	70,6	71,21	71,98	352,88
U3	69,39	70,75	70,65	71,16	72,11	354,06
Jumlah	207,47	210,2	211,52	214,28	217,03	1060,5
Rerata	69,1566666	70,0666666	70,5066666	71,4266	72,3433	
	7	7	7	7	3	
Sd	0,53003144	0,61435603	0,2064784	0,41932	0,52080	
	6	1	1	5	1	

$$FK = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{t \times r} = \frac{(1060,5)^2}{5 \times 3} = \frac{1.124.660,25}{15} = 74.977,35$$

$$JKT = \sum Y_{ij}^2 - FK = (72,94^2 + 71,91^2 + 70,27^2 + \dots + 69,39^2) - 74977,35 = 20,443$$

$$JKP = \frac{\sum Y_i^2}{r} - FK = \frac{(217,03^2 + 214,28^2 + 211,52^2 + 210,2^2 + 207,47^2)}{3} - 74977,35$$

$$= 18,14687$$

$$JKG = JKT - JKP = 20,443 - 18,14687 = 2,15$$

Sk	Db	Jk	KT	Fhit	0,05
Perlakuan	4	18,14686667	4,53671667	21,04411	0,167662
Galat	10	2,155813333	0,21558133		
Total	14	20,443			

Keterangan* = Berpengaruh nyata

Uji lanjut BNJ

$$SD = \sqrt{\frac{2 \times 0,21558133}{3}} = 0,379185$$

$$BNJ = 0,379185 \times 2,22 = 0,84$$

Perlakuan	Rerata	BNJ
K1	72,34	d
K2	71,42	c
K3	70,50	bc
K4	70,06	b
K5	69,15	a

Lampiran 4. Perhitungan Persentase Biodegradabilitas

$$\begin{aligned} K1U1 &= \frac{0,73 - 0,19}{0,73} \times 100 \\ &= 73,97 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K1U2 &= \frac{0,69 - 0,20}{0,69} \times 100 \\ &= 71,01 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K1U3 &= \frac{0,70 - 0,19}{0,70} \times 100 \\ &= 72,85 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K2U1 &= \frac{0,68 - 0,21}{0,68} \times 100 \\ &= 69,12 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K2U2 &= \frac{0,74 - 0,23}{0,74} \times 100 \\ &= 68,92 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K2U3 &= \frac{0,59 - 0,18}{0,59} \times 100 \\ &= 69,49 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K3U1 &= \frac{0,55 - 0,18}{0,55} \times 100 \\ &= 67,27 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K3U2 &= \frac{0,71 - 0,23}{0,71} \times 100 \\ &= 67,68 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K3U3 &= \frac{0,64 - 0,21}{0,64} \times 100 \\ &= 67,19 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K4U1 &= \frac{0,72 - 0,25}{0,72} \times 100 \\ &= 65,28 \% \end{aligned}$$

$$K4U2 = \frac{0,74 - 0,26}{0,74} \times 100$$

$$= 64,86 \%$$

$$K4U3 = \frac{0,70 - 0,25}{0,70} \times 100$$

$$= 64,28 \%$$

$$K5U1 = \frac{0,63 - 0,24}{0,63} \times 100$$

$$= 61,90 \%$$

$$K5U2 = \frac{0,59 - 0,23}{0,59} \times 100$$

$$= 61,01 \%$$

$$K5U3 = \frac{0,54 - 0,21}{0,54} \times 100$$

$$= 61,11 \%$$

Analisis ragam

Ulangan	Perlakuan					Jumlah
	K1	k2	k3	k4	k5	
U1	73,97	69,12	67,27	65,28	61,9	337,54
U2	73,51	68,92	67,6	64,86	61,01	335,9
U3	72,85	69,49	67,19	64,28	61,11	334,92
						1008,3
Jumlah	220,33	207,53	202,06	194,42	184,02	6
	73,4433333	69,1766666	67,3533333	64,8066		
Rerata	3	7	3	7	61,34	
	0,56296832	0,28919428	0,2173323	0,50212	0,48754	
Sd	4	3	1	9	5	

$$FK = \frac{(\sum Y_{ij})^2}{t \times r} = \frac{(1.008,36)^2}{5 \times 3} = \frac{1.016.789,89}{15} = 67.785,99$$

$$JKT = \sum Y_{ij}^2 - FK = (73,97^2 + 69,12^2 + 67,27^2 + \dots + 61,11^2) - 67.785,99 = 250,7794$$

$$JKP = \sum Y_i^2 - FK = \frac{(220,33^2 + 207,53^2 + 202,06^2 + 194,42^2)}{3} - 67.785,99 = 248,9241$$

$$JKG = JKT - JKP = 250,7794 - 248,9241 = 1,174307$$

Sk	Db	Jk	KT	Fhit	0,05
Perlakuan	4	248,9240933	62,2310233	529,9384	0,167662
Galat	10	1,174306667	0,11743067		
Total	14	250,79936			

Keterangan* = berpengaruh nyata

Uji lanjut BNJ

$$SD = \sqrt{\frac{2 \times 0,11743067}{3}} = 0,279798$$

$$BNJ = 0,279798 \times 2,22 = 0,62$$

Perlakuan	Rerata	BNJ
K1	72,61	e
K2	69,17	d
K3	67,35	c
K4	64,80	b
K5	61,34	a

Lampiran 5. Dokumentasi Selama Penelitian



Mengupas bahan



Penghalusan bahan



Pengendapan



Pati daluga



Pati ubi kayu



Penimbangan bahan



Pencampuran



Pemanasan larutan



Pencetakan



Pengovenan



Plastik biodegradable



Plastik yang sudah digunting menjadi 5x5 cm



Uji daya serap air



Uji biodegradabilitas