

**PEMANFAATAN NASI AKING SEBAGAI BAHAN BAKU
PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE***

TUGAS AKHIR

Diajukan Oleh:

**NADIA ULFA
NIM. 200702011
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMANFAATAN NASI AKING SEBAGAI BAHAN BAKU
PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE***

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
sebagai salah satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
Dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

**NADIA ULFA
NIM 200702011**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan
Teknologi Program Studi Teknik
Lingkungan**

Disetujui Untuk Dimunaqasyah Oleh:

Pembimbing I,



Husnawati Yahya, M.Sc.

NIDN.2009118301

Pembimbing II,



Dr. Khairun Nisah, M.Si.

NIP.197902162014032001

Mengetahui

جامعة الرانيري
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan

AR-RANIRY



Husnawati Yahya, M.S., Sc.

NIDN.2009118301

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN NASI AKING SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN PLASTIK *BIODEGRADABLE*

TUGAS AKHIR

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh Dinyatakan Lulus
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)
dalam Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal:
Rabu, 18 Desember 2024

18 Jumadil Akhir 1146 H
di Darussalam, Banda Aceh
Panitia Ujian Munaqasah Tugas Akhir/Skripsi

Ketua,


Husnawati Yahya, M.Sc.
NIDN. 2009118301

Sekretaris,


Dr. Khairun Nisah, M.Si.
NIDN. 2016027902

Penguji I,

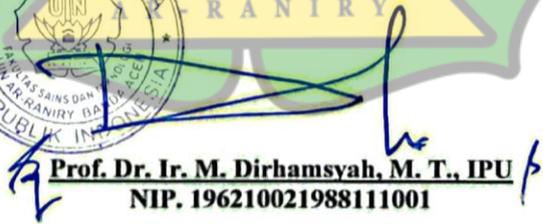

Suardi Nur, S.T., M.Sc., Ph.D
NIDN. 2010108103

Penguji II,


Reni Silvia Nasution, M.Si.
NIDN. 2022028901

Mengetahui:
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh




Prof. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M. T., IPU
NIP. 196210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini;

Nama : Nadia Ulfa
NIM : 200702011
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pemanfaatan Nasi Aking Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan dari dosen pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 31 Desember 2024



Nadia Ulfa

KATA PENGANTAR

Segala puji kepada Allah *Subhannahuwata'ala* yang telah memberikan kenikmatan dan kemudanya- Nya sehingga penulis Tugas Akhir dengan judul “Pemanfaatan Nasi Aking Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik *Biodegradable*” Shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sebagai pembawa kebaikan, ilmu pengetahuan dan pencerahan dalam jiwa manusia.

Penyusunan tugas ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan kurikulum Program Studi Teknik Lingkungan di Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibunda tercinta Erlina Awahab dan ayahanda Ridwan serta Humaira S.E., Zahara S.Pd., Raihanah S.H. dan Muhammad Haikal selaku kakak dan adik penulis yang telah mendukung serta memberikan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini. Selama proses penyusunan tugas akhir ini, penulis juga banyak menerima bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, M.T., IPU. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry;
2. Ibu Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc. selaku Koordinator Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-raniry dan pembimbing utama penulisan Tugas Akhir ini yang telah meluangkan waktu dalam membimbing penulisan Tugas Akhir ini;
3. Ibu Dr. Khairun Nisah, M.Si., Selaku Dosen Pembimbing Kedua Tugas Akhir ini yang telah meluangkan waktu, memberikan bimbingan dan memberikan arahan dalam proses penulisan Tugas Akhir ini;
4. Ibu Syarifah Seicha Fatma, S.T., M.T selaku Pembimbing Akademik;
5. Bapak Aulia Rohendi S. T., M.Sc., selaku sekretaris Prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry; Seluruh Ibu/Bapak Dosen Staf di prodi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini. Oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan Tugas Akhir ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya semua pihak yang terlibat.

Banda Aceh, 25 April 2024

Nadia Ulfa



ABSTRAK

Nama : Nadia Ulfa
NIM : 200702011
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul Skripsi : Pemanfaatan Nasi Aking Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik
Biodegradable
Tebal : 53 Lembar
Pembimbing I : Husnawati Yahya, S.Si., M.Sc.
Pembimbing II : Dr. Khairun Nisah, M.Si.,
Kata Kunci : Nasi Aking Sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable*

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan nasi aking sebagai bahan baku utama dalam pembuatan plastik *biodegradable*, dengan penambahan kitosan dan gliserol untuk meningkatkan karakteristik mekanik dan biodegradabilitas plastik yang dihasilkan. Plastik *biodegradable* menawarkan solusi ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional karena mampu terurai secara alami oleh mikroorganisme, sehingga dapat mengurangi akumulasi limbah plastik yang sulit terurai dan mendukung keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan berbagai pengujian, seperti uji kuat tarik, elongasi, daya serap air (*swelling*), biodegradasi, dan analisis morfologi menggunakan SEM. Variasi konsentrasi kitosan (1,5 g, 3 g, dan 4,5 g) serta gliserol (1 mL, 2 mL, dan 3 mL) digunakan untuk mengamati pengaruhnya terhadap karakteristik plastik *biodegradable*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tarik terbaik diperoleh pada variasi 10 g pati dengan konsentrasi 3 g kitosan dan 2 mL gliserol, mencapai nilai 1,8895 MPa. Elongasi maksimum sebesar 135% dihasilkan oleh variasi 4,5 g kitosan dan 3 mL gliserol. Daya serap air terbaik sebesar 85,53% dicapai pada variasi konsentrasi yang sama, sedangkan tingkat biodegradasi tertinggi sebesar 98% dalam 13 hari diperoleh pada variasi 1,5 g kitosan dan 1 mL gliserol. Meski demikian, hanya nilai elongasi dan biodegradasi yang memenuhi standar SNI 7188.7:2016. Analisis morfologi menunjukkan distribusi pati, kitosan, dan gliserol yang cukup merata, meskipun masih terdapat gelembung kecil dan permukaan yang tidak homogen.

ABSTRACT

Name : Nadia Ulfa

NIM : 200702011

Study Program : Environmental Engineering

Title : Utilization Of Aking Rice as Raw Material For Making Biodegradable Plastic

Thickness : 53 sheet

Supervisor I : Husnawati Yahya, S.Si., M. Sc

Supervisor II : Dr. Khairun Nisah, M.Si.,

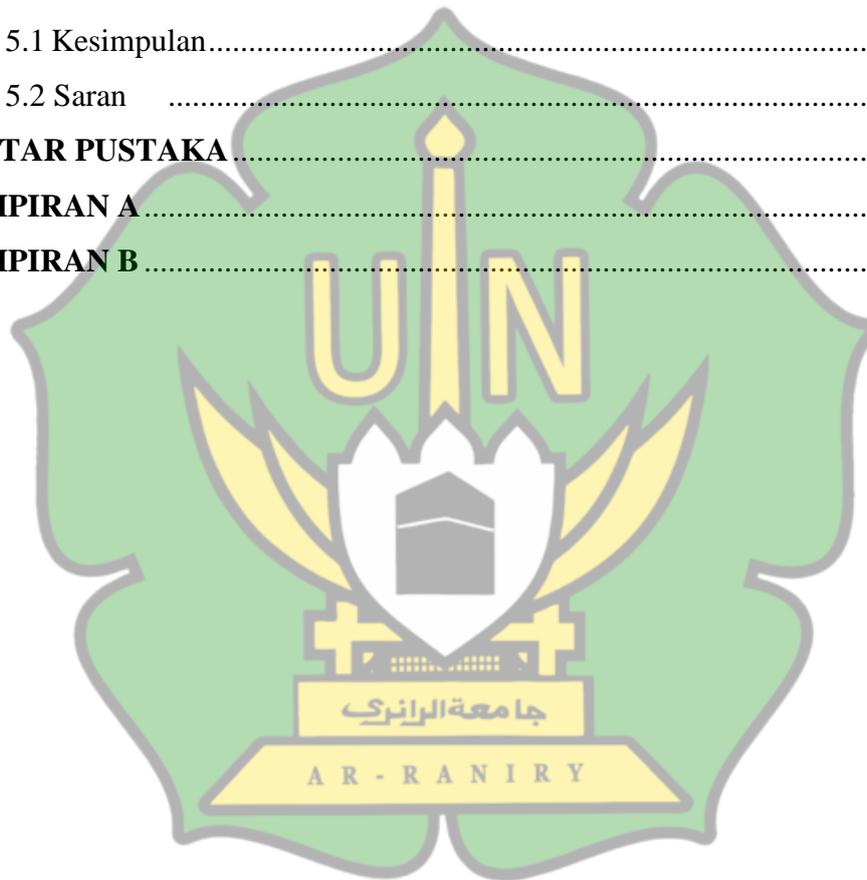
Keywords : Aking Rice as raw material for making biodegradable plastic

This research aims to utilize aking rice as the main raw material in making biodegradable plastic, with the addition of chitosan and glycerol to improve the mechanical characteristics and biodegradability of the resulting plastic. Biodegradable plastic offers an environmentally friendly solution compared to conventional plastic because it is able to decompose naturally by microorganisms, thereby reducing the accumulation of plastic waste that is difficult to decompose and supporting environmental sustainability. This research uses quantitative methods with various tests, such as tensile strength, elongation, water absorption (swelling), biodegradation, and morphological analysis using SEM. Varying concentrations of chitosan (1.5 g, 3 g, and 4.5 g) and glycerol (1 mL, 2 mL, and 3 mL) were used to observe their effect on the characteristics of biodegradable plastic. The research results showed that the best tensile strength was obtained from a variation of 10 g starch with a concentration of 3 g chitosan and 2 mL glycerol, reaching a value of 1.8895 MPa. Maximum elongation of 135% was produced by varying 4.5 g chitosan and 3 mL glycerol. The best water absorption capacity of 85.53% was achieved at the same concentration variation, while the highest biodegradation level of 98% in 13 days was obtained at a variation of 1.5 g chitosan and 1 mL glycerol. However, only the elongation and biodegradation values meet the SNI 7188.7:2016 standard. Morphological analysis shows a fairly even distribution of starch, chitosan and glycerol, although there are still small bubbles and an inhomogeneous surface.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plastik <i>Biodgradable</i>	5
2.2 Bahan baku plastik <i>biodegradable</i>	7
2.2.1 Pati	7
2.2.3 <i>Plasticizer</i> Gliserol.....	9
2.3.4 Kitosan	10
2.3 Karakteristik Bioplastik	11
2.3.4 Penelitian Terdahulu	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	16
3.3 Alat dan Bahan	17
3.3.1 Alat.....	17
3.3.2 Bahan.....	18
3.4 Prosedur Penelitian	18
3.4.1 Pembuatan pati dari nasi	18
3.5 Uji Karakteristik Bioplastik	20
3.5.1 Uji Tarik dan <i>Elongasi</i>	20

3.5.3 Uji Daya Biodegradasi	21
3.5.4 Uji Morfologi	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	24
4.1. Sifat mekanik plastik <i>biodegradable</i>	24
4.4.1 Uji daya tarik dan <i>Elongasi</i>	25
4.4.2 Uji Daya Serap Air	28
4.4.3 Uji Biodegradasi.....	30
4.2 Hasil Analisis SEM.....	33
BAB V PENUTUP	33
5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran	34
DAFTAR PUSTAKA.....	35
LAMPIRAN A	40
LAMPIRAN B	44



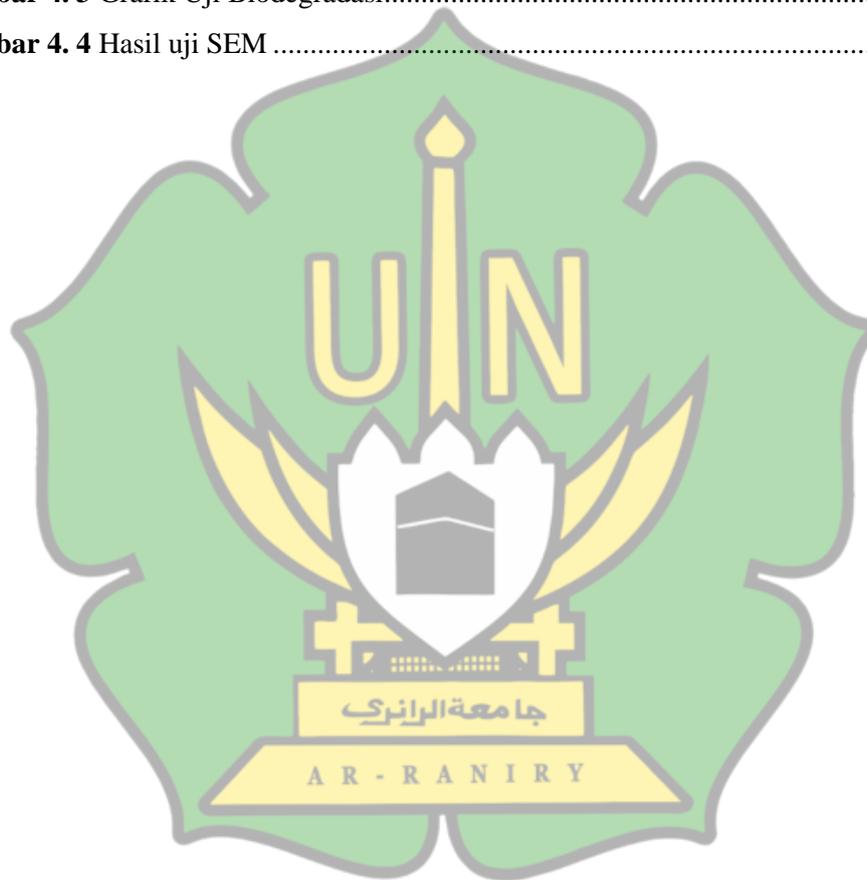
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan antara plastik konvensional dengan plastik <i>biodegradable</i>	6
Tabel 2. 2 Standar Nasional Indonesia sifat mekanik Plastik <i>Biodegradable</i>	11
Tabel 2. 3 Studi literatur pembuatan pembuatan plastik <i>biodegradable</i>	14
Tabel 4. 1 Hasil pembuatan plastik <i>biodegradable</i>	24
Tabel 4. 2 Data Hasil Uji Tarik	25
Tabel 4. 3 Data hasil uji Elongasi.....	27
Tabel 4. 4 Hasil pengamatan uji biodegradasi	30



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sisa Nasi	7
Gambar 2. 2 Nasi Aking.....	8
Gambar 2. 3 Struktur kimia pati	8
Gambar 2. 4 Struktur gliserol (Anggraini, 2019).	10
Gambar 2. 5 Alat uji kuat tarik dan elongasi	12
Gambar 4. 1 Grafik hasil uji kuat tarik dan elongasi.....	26
Gambar 4. 2 Grafik hasil uji ketahanan air (<i>Swelling</i>)	29
Gambar 4. 3 Grafik Uji Biodegradasi.....	32
Gambar 4. 4 Hasil uji SEM	33



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Penggunaan plastik yang semakin meningkat merupakan salah satu hal yang menjadi perhatian dunia. Menurut data kementerian lingkungan hidup dan kehutanan, angka timbulan sampah Indonesia tahun 2022 mencapai 34.485.387,07 ton/tahun. Dari jumlah itu, sebanyak 17,75% disumbangkan oleh sampah plastik. Plastik merupakan makromolekul yang terbentuk melalui proses polimerisasi, dan komponen utamanya terdiri dari karbon dan hidrogen. Salah satu sumber bahan baku yang umumnya digunakan dalam pembuatan plastik adalah minyak bumi yang merupakan bahan yang tidak terbarukan (Anon dan Lombok., 2020). Plastik yang terbuat dari bahan minyak bumi, membutuhkan puluhan sampai ratusan tahun untuk terurai, sehingga dapat menyebabkan penumpukan dan menimbulkan masalah kerusakan lingkungan seperti banjir, menurunnya kualitas air dan tanah dan jika dibakar asap dari pembakaran plastik mengandung gas beracun seperti sianida (HCN) dan Karbon Monoksida (CO) yang dapat mencemari udara dan berpotensi membahayakan kesehatan pernafasan manusia (Dewi dkk.,2019).

Salah satu cara mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan komposisi utama dari pembuatan plastik yang biasanya terbuat dari minyak bumi dengan bahan lain yang memiliki sifat serupa dan berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui serta mudah terurai secara alami. Solusi yang memenuhi kriteria ini ialah penggunaan plastik biodegradable. Plastik biodegradable adalah plastik yang dapat digunakan seperti layaknya plastik pada umumnya dan dapat diuraikan mikroorganisme dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan plastik dari polimer sintesis. Plastik biodegradable merupakan jenis polimer yang terbuat dari monomer organik yang ditemukan dalam bahan seperti protein, pati dan mikroorganisme (Harimbi dkk.,2020). Penggunaan plastik biodegradable adalah solusi yang tepat untuk mengurangi masalah tersebut yang salah satu bahan bakunya adalah nasi aking.

Dalam kehidupan sehari-hari kita sering menemukan banyak jenis limbah, salah satunya adalah limbah nasi yang sering disebut nasi aking. Nasi merupakan salah satu makanan pokok yang diproduksi hampir setiap hari di rumah tangga

maupun rumah makan. Berdasarkan survei yang dilakukan, tercatat bahwa terdapat 7 rumah makan di daerah Darussalam, dapat menyisakan nasi dalam setiap harinya. Menurut pemilik rumah makan tersebut sisa nasi biasanya langsung dibuang atau tidak dilakukan pengolahan lanjut. Agar bermanfaat sisa nasi yang diperoleh di tempat tersebut kemudian dikeringkan menjadi nasi aking. Nasi aking inilah yang digunakan sebagai bahan utama dalam pembentukan plastik biodegradable. Nasi aking memiliki kandungan antara lain: karbohidrat sebesar 83,19%, amilosa sebesar 29,70% dan protein sebesar 3,36% (Putri dan Udjiana, 2020). Plastik biodegradable dapat dibuat dari bahan dasar pati. Kandungan pati dalam nasi aking yang cukup tinggi dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik biodegradable.

Pada proses pembuatan plastik biodegradable, penambahan kitosan sangat dibutuhkan agar diperoleh plastik yang lebih kuat, plastis dan licin. Struktur bioplastik yang menggunakan kitosan memiliki pori-pori yang banyak jika dibandingkan dengan yang tidak menggunakan kitosan. Pori-pori inilah yang menyebabkan plastik hidrofilik karena mudah menyerap air. Struktur bioplastik yang tidak mengandung kitosan terlihat lebih padat, sehingga menghambat proses degradasinya karena tidak mampu menyerap air (Sasria dkk., 2020). Namun, kitosan memiliki sifat yang keras dan kaku, sehingga perlu ditambahkan plasticizer untuk membuatnya lebih lentur (Insan, 2020).

Plasticizer adalah pelarut organik yang akan membantu akumulasi gaya intermolekuler rantai panjang plasticizer mengakibatkan kelenturan, pelunakan dan juga menyebabkan pemanjangan bioplastik dapat bertambah. Semakin banyak plasticizer maka sifat mulur pada plastik akan semakin bertambah dan juga dapat menurunkan kekerasan. Jenis plasticizer yang sering digunakan pada pembuatan plastik biodegradable antara lain gliserol. Gliserol adalah molekul kecil yang tidak beracun yang dapat mengurangi interaksi polimer dan meningkatkan jarak antar

molekul yang mengakibatkan meningkatnya daya renggang pada plastik biodegradable (Cengristima dkk.,2022).

Sejumlah penelitian mengenai pembuatan plastik biodegradable telah dilakukan, termasuk salah satu yang dilakukan oleh Alim dkk (2023) dengan judul “Pemanfaatan limbah nasi aking pada pembuatan bioplastik dengan kitosan dan plasticizer sorbitol” yang memanfaatkan pati sebagai bahan baku utama pembuatan plastik biodegradable. Penambahan sorbitol berpengaruh pada persen elongasi sedangkan variasi penambahan kitosan berpengaruh pada kuat tarik berdasarkan hasil uji. Penambahan kitosan 10 gr dan sorbitol 5 ml menghasilkan plastik biodegradable dengan kualitas nilai kuat tarik sebesar 5,716 Mpa, nilai elongasi sebesar 22,10% dengan persentase biodegradasi sebesar 32,91% dalam waktu 45 hari.

Berdasarkan uraian diatas maka penelitian ini bertujuan untuk membuat plastik biodegradable dari sumber pati yang diperoleh dari nasi aking dengan penambahan plasticizer gliserol serta kitosan. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan plastik biodegradable dengan karakteristik terbaik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi plastik biodegradable berbahan pati dari nasi aking dengan penambahan kitosan dan gliserol terhadap Karakteristik plastik biodegradable sesuai dengan SNI No.7188.7:2016?
2. Bagaimana struktur morfologi pada sampel terbaik plastik *biodegradable* terbaik dari pati nasi dengan penambahan gliserol serta kitosan?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi plastik biodegradable berbahan dasar pati dari nasi aking dengan penambahan gliserol dan kitosan terhadap karakteristik plastik biodegradable sesuai dengan SNI No.7188.7:2016

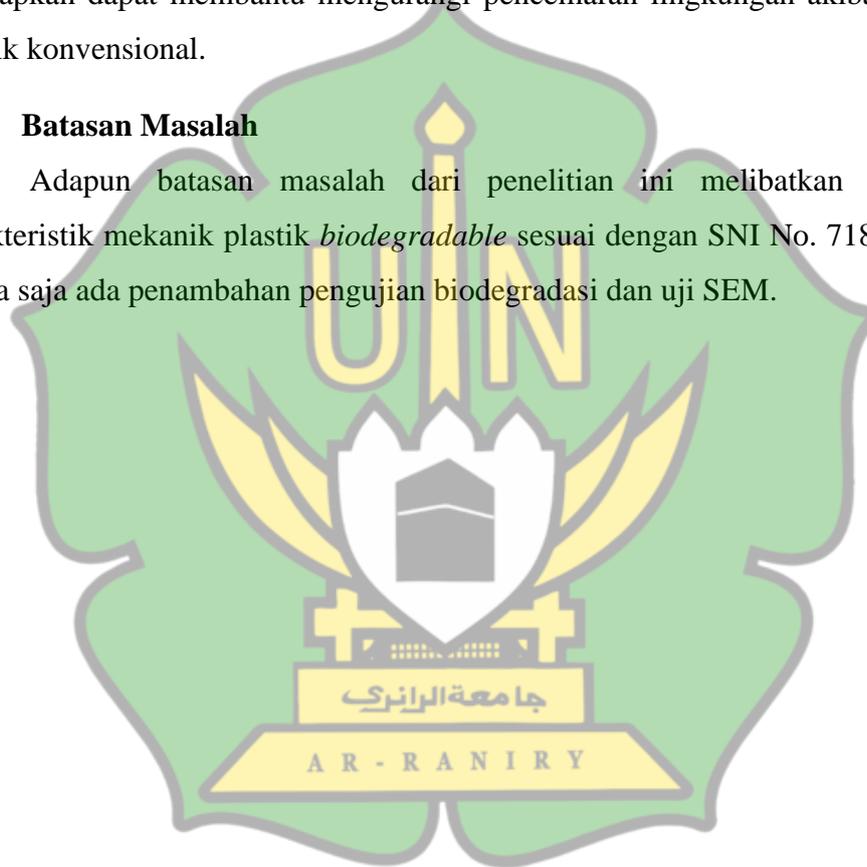
2. Mengetahui struktur morfologi pada sampel terbaik plastik biodegradable dari pati nasi aking dengan penambahan gliserol serta kitosan

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dan informasi yang bermanfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan mengenai pemanfaatan sisa nasi sebagai bahan utama dengan penambahan plasticizer gliserol serta kitosan pada pembuatan plastik biodegradable, khususnya dalam memanfaatkan limbah sekitar untuk menciptakan plastik yang mudah terurai, yang diharapkan dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan akibat sampah plastik konvensional.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini melibatkan pengujian karakteristik mekanik plastik *biodegradable* sesuai dengan SNI No. 7188.7:2016, hanya saja ada penambahan pengujian biodegradasi dan uji SEM.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik *Biodegradable*

Kebutuhan akan plastik dalam kehidupan sehari-hari sangat besar, tetapi sebagian besar plastik hanya digunakan sekali dan sulit terurai secara alami. Setiap tahun sebanyak 1 triliun plastik digunakan dunia, terutama plastik yang berasal dari minyak bumi, yang membutuhkan sekitar 7 juta barel minyak per hari untuk diproduksi. Plastik konvensional memiliki sifat degradasi yang rendah, sehingga memerlukan waktu lama, sekitar 500-1.000 tahun untuk terurai (Melani dkk., 2017). Bioplastik adalah salah satu upaya yang dilakukan untuk menjadi solusi permasalahan penggunaan kemasan plastik konvensional. Bioplastik dirancang untuk memudahkan proses degradasi oleh reaksi enzimatik mikroorganisme seperti bakteri dan jamur. Hal ini dimungkinkan karena, bioplastik dibuat dari berbagai jenis polimer alam, salah satunya yaitu pati (Nur.,2017).

Plastik *biodegradable* merupakan jenis plastik yang terbuat dari bahan yang bisa diperbaharui dan bisa terurai secara alami oleh bantuan bakteri, jamur, dan alga. *Biodegradable* terdiri dari tiga kata, yaitu bio yang mempunyai arti makhluk hidup, *degradable* yang berarti terurai. Jadi plastik *biodegradable* merupakan plastik yang secara alami dapat terurai di lingkungan (Insan, 2020). Plastik *biodegradable* dapat digunakan seperti plastik konvensional biasa, namun akan hancur oleh aktivitas mikroorganisme dan menghasilkan udara serta senyawa yang tidak berbahaya bagi lingkungan setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan. Biasanya plastik konvensional membutuhkan waktu sampai 1.000 tahun untuk dapat terurai dengan sempurna, plastik *biodegradable* hanya membutuhkan 12 sampai 24 bulan atau 1 sampai 2 tahun untuk bisa terurai dengan sempurna (Desramadhani dkk., 2023).

Keutamaan penyusun plastik *biodegradable* terbagi menjadi tiga kelompok yaitu hidrokoloid, lipida dan komposit. Hidrokoloid mencakup senyawa protein, polisakarida, alginat, pektin, dan pati sebagai bahan yang sesuai. Lipid yang sering digunakan termasuk gliserol, wax, dan asam lemak. Sedangkan komposit adalah bahan yang terbentuk dari campuran dua atau lebih bahan pembentuk yang memiliki sifat mekanik yang berbeda, dengan matriks berperan sebagai perekat atau pengikat dan pengisi (Rojtica.,2017).

Penggunaan bahan *biodegradable* dari sumber daya alam yang dapat diperbarui sangat membantu mengurangi persentase limbah plastik. Salah satu bahan alam yang banyak digunakan untuk membuat plastik *biodegradable* adalah pati (Cengristitama.,2022). Pati diperoleh dengan cara mengekstrak bahan nabati yang mengandung karbohidrat, seperti sereal dan aneka umbi. Sumber karbohidrat yang banyak mengandung pati (Kamsiati dkk., 2017). Pembuatan bioplastik dengan bahan pati memerlukan bahan pemlastis seperti gliserol untuk memperbaiki sifat mekanis. Gliserol lebih cocok digunakan sebagai *plasticizer* karena terbentuk cair, mudah tercampur dalam larutan *film*, meningkatkan elastisitas polimer plastik *biodegradable*, *fleksibilitas* struktur pati, mengurangi kerapuhan dari *biodegradable film* (Saputra dkk.,2020). Bioplastik dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional biasa namun, akan hancur oleh aktivitas mikroorganisme dan menghasilkan air dan senyawa yang tidak berbahaya terhadap lingkungan dan kesehatan ketika dibuang ke lingkungan (Putri., 2023)

Berdasarkan jenis bahan baku yang digunakan, bioplastik dapat dibagi menjadi dua, yaitu bioplastik yang menggunakan bahan baku dari sumber petrokimia dan bioplastik yang menggunakan bahan baku dari produk tanaman seperti pati dan selulosa. Pati dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti umbi-umbian, gandum, jagung, beras dan tumbuhan lainnya. Selulosa adalah polimer karbohidrat yang dapat diperoleh dari berbagai sumber tumbuhan, terutama tumbuhan berserat tinggi (Selvina dkk.,2017).

Tabel 2. 1 Perbandingan antara plastik konvensional dengan plastik *biodegradable*

Plastik		
Aspek	<i>Non-Biodegradable</i>	<i>Biodegradable</i>
Bahan baku	Terbuat dari bahan yang tidak terdapat diperbaharui	Terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui
Teknologi	Sudah mapan	Masih dalam tahap penelitian
Sosial	Dikenal dan digunakan masyarakat	Belum dikenal dan digunakan
Ekonomi	Harga lebih murah	Harga sedikit mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan	Ramah lingkungan

2.2 Bahan baku plastik *biodegradable*

2.2.1 Pati

Pati merupakan suatu senyawa karbohidrat kompleks dengan ikatan α -glikosidik. Pati memiliki dua fraksi yaitu fraksi terlarut (amilosa) dan fraksi tidak larut (amilopektin) (Cahyana, 2023). Di lingkungan, sering kali kita menemui berbagai jenis limbah, termasuk limbah nasi. Banyak orang yang meninggalkan sisa nasi dan membuangnya, sehingga nasi menjadi limbah. Nasi putih merupakan makanan yang kaya karbohidrat dengan kandungan karbohidrat 83.19%, amilosa sebesar 29,70% dan protein sebesar 3,36%, lemak 0,1-0,5% dan air 57-58%. Kandungan pati dalam nasi putih 1250 molekul glukosa yang berperan menghasilkan karbohidrat utama pada nasi (Alim dkk., 2023).

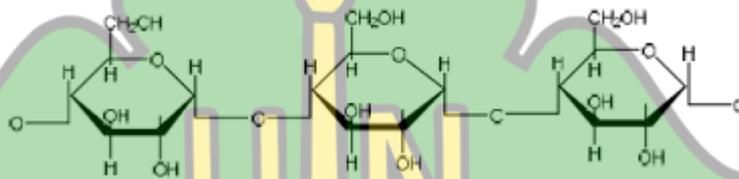


Gambar 2. 1 Sisa Nasi

Kandungan pati yang cukup tinggi dari nasi aking dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable*. Dengan adanya plastik *biodegradable* kualitas tanah akan meningkat, karena hasil penguraian mikroorganisme meningkatkan unsur hara dalam tanah (Herawati, 2021). Berdasarkan kandungan yang tersisa pada nasi dimana nilai karbohidrat yang tinggi, sangat memungkinkan untuk membuat plastik *biodegradable* menggunakan bahan baku dari nasi aking (Harimbi.,2023).



Gambar 2. 2 Nasi Aking



Gambar 2. 3 Struktur kimia pati

Pemanfaatan pati sebagai bahan dasar dalam pembuatan plastik *biodegradable* memiliki potensi untuk menghasilkan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme, memberikan dampak positif pada lingkungan. Namun, plastik *biodegradable* yang terbuat dari pati memiliki kelemahan, yaitu ketidakmampuannya bertahan terhadap air karena sifat hidrofilik pati, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi stabilitas dan kekuatan mekaniknya (Edy Supriyo., 2020). Untuk mengatasi kendala ini, salah satu solusinya adalah dengan mencampur pati dengan kitosan dan bahan pemlastis seperti gliserol. Dengan demikian, campuran tersebut dapat meningkatkan ketahanan plastik terhadap air serta meningkatkan stabilitas dan kekuatan mekaniknya. Proses ini tidak hanya membantu mengurangi dampak lingkungan negatif dari sampah plastik konvensional, tetapi juga meningkatkan kualitas plastik *biodegradable* berbahan pati agar lebih sesuai dengan kebutuhan penggunaan sehari-hari (Muharam dkk., 2022).

Pada pembuatan plastik *biodegradable* dibutuhkan *plasticizer* untuk memperoleh sifat bioplastik yang khusus. Proses pembuatan plastik *biodegradable*

diawali dengan pengambilan pati dari bahan baku yang akan digunakan, kemudian ditambahkan *plasticizer* untuk meningkatkan karakteristik dari plastik *biodegradable*. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pembuatan plastik *biodegradable* ialah:

a) Massa pati

Semakin besar konsentrasi pati yang digunakan maka jumlah polimer penyusun matrik plastik semakin besar sehingga dihasilkan plastik yang tebal.

b) Massa *plasticizer*

Penggunaan *plasticizer* akan berpengaruh terhadap sifat mekanik dan fisik plastik yang terbentuk karena akan mengurangi sifat intemolekul dan menurunkan ikatan *hydrogen* internal.

c) Massa filler (bahan pengisi)

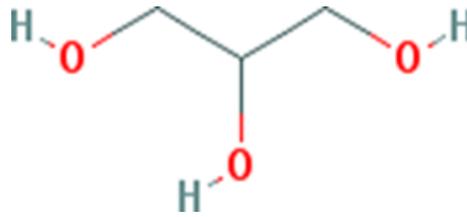
Penggunaan filler untuk meningkatkan kekuatan bioplastik. Semakin tinggi konsentrasi dari variasi *filler*, maka akan meningkatkan nilai kuat Tarik dari film plastik *biodegradable*

d) Temperature

Perlakuan panas diperlukan untuk membuat plastik tergelatinisasi, sehingga terbentuk pasta pati yang merupakan bentuk awal dari plastik (Ana, 2020)

2.2.3 *Plasticizer* Gliserol

Gliserol adalah senyawa yang netral, dengan rasa manis tidak berwarna, cairan kental titik lebur sekitar 20°C, dan titik didih 290°C. Gliserol digunakan sebagai *plasticizer* untuk meningkatkan kelenturan dan kelembutan dari bahan polimer (Azzahra dkk., 2024). *Plasticizer* merupakan bahan yang digolongkan non *volatile*, dengan titik didih tinggi, jika ditambahkan pada material tersebut. *Plastisizer* adalah senyawa organik memiliki berat molekul rendah kemudian dimasukkan ke dalam polimer yang bertujuan untuk mengurangi kekakuan dan bertambah efek lentur (*fleksibilitas*) dan kemampuan memanjang (*ekstensibilitas*) makromolekul (polimer) tersebut (Marlina dkk., 2021)



Gambar 2. 4 Struktur gliserol (Anggraini, 2019).

Dalam proses pembuatan plastik *biodegradable* yang menggunakan pati sebagai bahan utama, terdapat beberapa masalah yang perlu diatasi, yaitu sifat mekanis yang kurang kuat (seperti kekuatan tarik, elastisitas, dan modulus young) serta sifat hidrofiliknya. Salah satu cara untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mencampurkan pati dengan biopolimer lain seperti gliserol (Maneking dkk., 2022)

Plastik *biodegradable* dari bahan dasar pati dan kitosan umumnya bersifat kaku sehingga perlu ditambahkan pemlastis untuk meningkatkan kelenturan dan kelembutan. *Plasticizer* adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan dengan maksud untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer (Malik Afif Rojtica, 2017).

1.3.4 Kitosan

Kitosan merupakan polimer karbohidrat alami yang diturunkan dari kitin dan ditemukan dalam jumlah besar pada krustasea, jamur, serangga dan beberapa algae. Kitosan dapat dikarakterisasi dengan derajat deasetilasi, berat molekul dan residu protein. Akan tetapi parameter paling penting untuk karakterisasi jenis kitosan adalah derajat deasetilasi (Zidni Azizati.,2019). Kitosan, jika dilihat dalam kasat mata, berbentuk serpihan dengan warna putih kekuningan, tidak memiliki bau, dan tidak memiliki rasa. Kitosan digunakan sebagai bahan tambahan yang berfungsi untuk penguat (Fadlan Hidayat dkk., 2020).

Plastik *biodegradable* mempunyai kelemahan karena mudah rusak sehingga perlu ditambahkan pengawet. Salah satu pengawet dari bahan alam adalah kitosan. Kitosan merupakan modifikasi protein dari kitin yang ditemukan pada kulit udang, cangkang bekicot, kepiting, lobster dan serangga. Kitosan mempunyai sifat yang baik untuk dibentuk menjadi plastik dan mempunyai sifat antimikrobakterial (Indra Nafiyanto.,2019). kitosan juga dapat mengurangi persentase *swelling* karena kitosan memiliki sifat tidak larut dalam air. Semakin besar komposisi kitosan yang

ditambahkan, maka persentase pemanjangan bioplastik akan semakin menurun (Megawati dkk., 2021)

2.3 Karakteristik Bioplastik

Bioplastik perlu memiliki beberapa karakteristik agar bisa bersaing dan menggantikan plastik konvensional secara keseluruhan. Karakteristik tersebut diantaranya adalah ketahanan terhadap air, biodegradability, kuat tarik dan elongasi.

Tabel 2. 2 Standar Nasional Indonesia sifat mekanik Plastik *Biodegradable*

Karakteristik	Standar Mutu Plastik <i>Biodegradable</i>
Kuat Tarik (Mpa)	24,7-302 Mpa
Elongasi (%)	21-220 %
Hidrofobisitas (%)	99 %
Biodegradasi	≥ 60 %

Sumber: Standar Nasional Indonesia No 7188.7:2016

1. Uji Kuat Tarik (*Tensile Strenght*)

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup dua parameter utama, yaitu kuat tarik (*tensile strenght*) dan persen pemanjangan saat putus (*elongation to break*). Kuat tarik merupakan ukuran sejauh mana material dapat menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan, sedangkan persen pemanjangan saat putus menunjukkan sejauh mana material dapat meregang sebelum akhirnya putus. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk menentukan besarnya gaya maksimum yang dapat ditahan oleh plastik *biodegradable* sebelum mengalami robek atau putus (Nurfauzi dkk.,2018). Sampel plastik *biodegradable* dipotong menjadi ukuran 2 x 9 cm, kemudian dijepit pada kedua sisinya dengan jarak 1.5 cm. Kemudian dicatat panjang mula-mula sebelum diuji. Gambar 2.5 Uji kuat tarik dan elongasi.



Gambar 2. 5 Alat uji kuat tarik dan elongasi

Kuat tarik kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut (Herawati, dkk 2021.)

$$\sigma = \frac{F_{max}}{A_0} \quad (2.1)$$

Keterangan:

σ = kuat tarik (N/m²)

F_{max} = gaya maksimum (N)

A_0 = luas penampang awal (m²)

2. Uji Elongasi

Bioplastik hasil sintesis ditentukan persen regangannya atau kekuatan tariknya dengan menggunakan *Tensile Strength Analyzer* melalui uji elongasi. Persen pemanjangan atau elongasi didasarkan atas pemanjangan bioplastik saat putus. Uji Elongasi dapat dihitung menggunakan Persamaan seperti di bawah ini:

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (2.2)$$

Keterangan:

ε = Persen elongasi (%)

L_0 = panjang awal benda uji (m)

L_1 = panjang akhir benda uji (m) (Ariadi Lusiana dkk., 2021)

3. Uji Daya Serap Air

Daya serap air adalah salah satu parameter penting dalam menguji kemampuan suatu benda, termasuk plastik *biodegradable*. plastik *biodegradable* dengan daya serap air yang tinggi cenderung memiliki ketahanan lebih rendah terhadap kelembaban dan air. Hal ini dapat mengakibatkan perubahan sifat fisik dan

mekanik pada plastik *biodegradable* seperti kehilangan kekuatan, kekakuan dan fleksibilitas (Muharam dkk., 2022).

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui batas kemampuan plastik *biodegradable*, dalam menyerap air sampai batas maksimal. Uji daya serap air (DA%) dilakukan dengan cara mengukur massa sampel plastik *biodegradable* keadaan kering (W_0) dengan massa sampel plastik *biodegradable* setelah direndam dengan air (W_1). Perhitungan persen penyerapan air pada plastik dapat menggunakan persamaan:

$$DA\% = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

W_0 : Berat plastik *biodegradable* sebelum direndam

W_1 : Berat plastik *biodegradable* setelah direndam

Uji daya serap air diperlukan untuk mengetahui sifat plastik *biodegradable* hasil penelitian sudah mendekati sifat plastik konvensional atau belum, karena penggunaan plastik yang cukup beragam maka plastik yang dihasilkan harus memiliki ketahanan air yang cukup tinggi (Fitra Riayah dan Yordan, 2021).

4. Karakterisasi SEM

Uji morfologi bioplastik dapat dilakukan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui struktur permukaan, retakan, dan kehalusan material. Prosedur uji melibatkan potongan sampel bioplastik yang dihiasi dengan logam agar bersifat konduktif, kemudian dijepit ke dalam alat SEM dan diberikan dampak elektron dalam ruang vakum. Hasil analisis akan menunjukkan morfologi dan topografi permukaan bioplastik yang dapat digunakan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dan kualitas material (Hidayat dkk., 2020).

Permukaan bioplastik dianalisis menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) pada titik tertentu dengan berbagai tingkat perbesaran. Proses dimulai dengan memotong sampel bioplastik menjadi ukuran sekitar 3×4 mm dan menempelkannya pada *carbon tape* yang ditempatkan di *spesimen holder*. Setelah itu, sampel dilapisi dengan lapisan emas menggunakan *auto coater*. Selanjutnya, sampel diserang dengan elektron menggunakan probe pada tingkat energi tertentu.

Permukaan sampel kemudian diamati untuk mendapatkan gambaran tentang topografinya (Khotimah dkk., 2022)

5. Uji biodegradasi

Biodegradasi merupakan proses terjadinya perubahan struktur suatu senyawa kimia menjadi komponen yang lebih sederhana dengan bantuan aktivitas mikroorganisme (Dani Alim dkk., 2023). Menurut ketentuan dalam SNI 7188.7: 2016, tingkat mutu degradasi harus mencapai angka di atas 60% dalam kurun waktu satu minggu. Biodegradabilitas dapat diukur menggunakan persamaan (2.4), (2.5), dan (2.6) untuk mengestimasi persentase penurunan berat, tingkat degradability, dan waktu degradasi total sebagai berikut (Nurhidayanti dkk, 2021):

$$\% \text{ kehilangan berat} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \quad (\text{persamaan 2.4})$$

Keterangan:

W_1 = Berat Plastik sebelum di uji biodegradasi

W_2 = Berat plastik setelah di uji biodegradasi

2.3.4 Penelitian Terdahulu

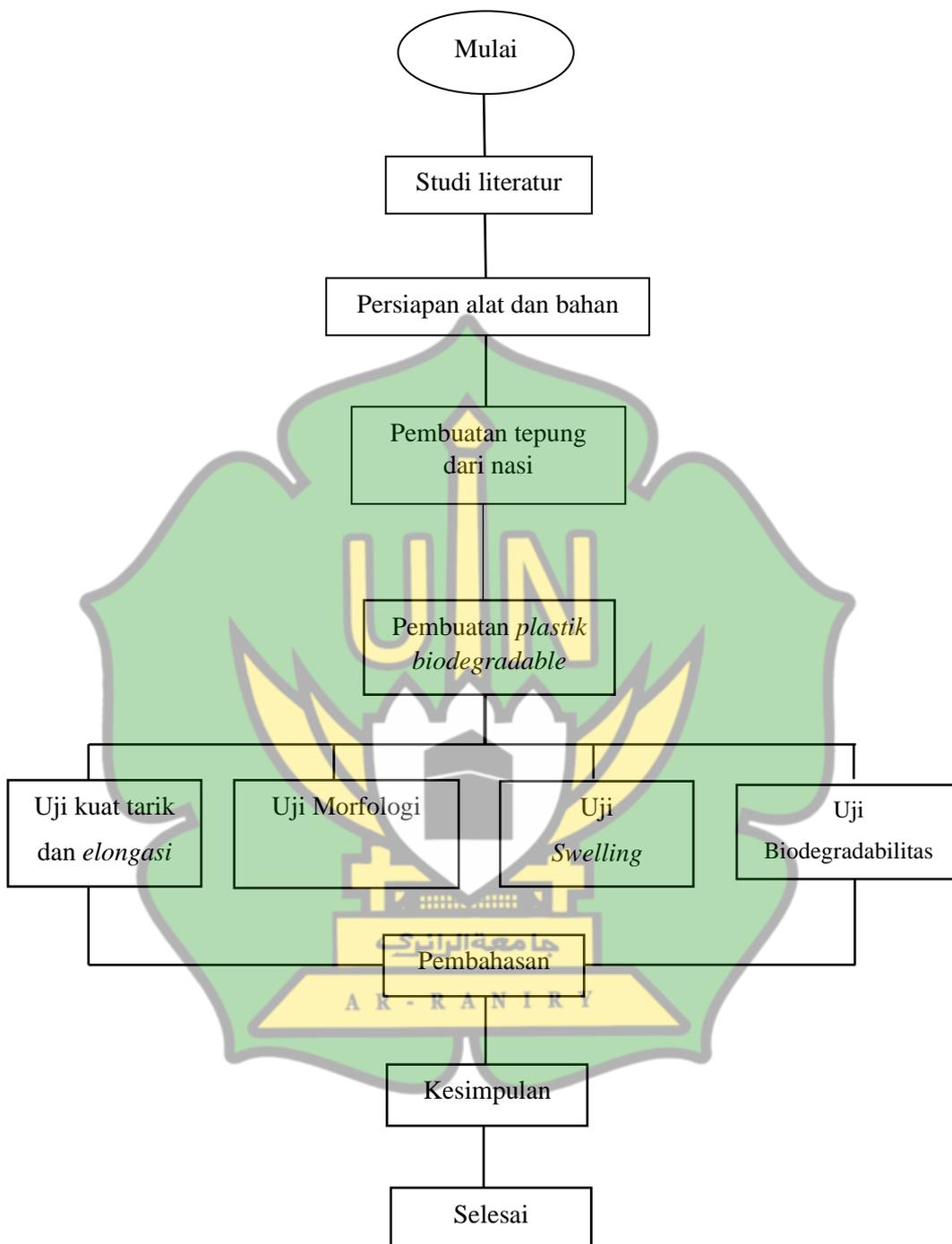
Pada tugas akhir ini akan ditinjau beberapa hasil dari penelitian terdahulu untuk dijadikan sebagai referensi yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini. Penelitian terdahulu didapatkan melalui studi literatur, jurnal dan hasil tugas akhir terdahulu yang dapat dilihat pada tabel 2.4 di bawah ini.

Tabel 2. 3 Studi literatur pembuatan pembuatan plastik *biodegradable*

No	Judul/Pengarang	Deskripsi
1	Pemanfaatan limbah nasi aking pada pembuatan bioplastik dengan kitosan dan <i>plasticizer</i> sorbitol. (muhamad dani alim dkk 2023)	Berdasarkan penelitian ini, variasi penambahan sorbitol berpengaruh pada persen elongasi. Sedangkan variasi penambahan kitosan berpengaruh pada kuat tarik. Berdasarkan hasil uji, penambahan kitosan 10 gram dan sorbitol 5 ml menghasilkan bioplastik dengan kualitas sebagai berikut: nilai kuat tarik 5,716 Mpa, nilai elongasi sebesar 22,10%, dan persentase degradasi sebesar 32,91% dalam waktu 45 hari.
2	Pembuatan plastik <i>biodegradable</i> tepung nasi aking (Selpiana,2020)	Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji pengaruh banyaknya penambahan gliserol dan kitosan pada tepung nasi aking dalam pembuatan

		plastik <i>biodegradable</i> . Plastik <i>biodegradable</i> disintesis dengan melarutkan kitosan dan gliserol dengan asam asetat 2%. Selanjutnya variasi rasio kitosan (3 gram, 5 gram dan 7 gram) dengan gliserol (0 ml, 2 ml, 4 ml, 6 ml, 8 ml dan 10 ml). karakteristik <i>biodegradable</i> ditandai dengan adanya biodegradasi, uji tarik dan elongasi. Hasil karakterisasi plastik <i>biodegradable</i> yang memiliki kinerja optimal diperoleh dari plastik <i>biodegradable</i> dengan perbandingan kadar kitosan dan volume gliserol adalah 3 gram kitosan dan 2 mL gliserol, yang memiliki kuat tarik 25.789 kg/cm ² , elongasi nya 2,43% dan degradasi 98% selama 45 hari.
3	Pengaruh penambahan kitosan dan <i>plasticizer</i> sorbitol pada proses pembuatan plastik <i>biodegradable</i> berbahan dasar pati kulit pisang tanduk (Cengristitama dkk,2022)	Hasil penelitian menunjukkan karakteristik plastik <i>biodegradable</i> terbaik adalah sampel B variasi 1 (komposisi pati: kitosan : sorbitol = 10 g : 2 g : 2,5 ml) dengan nilai ketebalan plastik <i>biodegradable</i> sebesar 0,23 mm, ketahanan air sebesar 98% dan waktu biodegradasi sempurna selama 7 hari
4	Insting (Inovasi Plastik Dari Tepung Nasi Aking) Dengan Penguat Alami Kitosan dan Asam Oleat (Muhammad Briyan Ramadhan dkk.,2019)	Hasil penelitian menunjukkan karakteristik plastik <i>biodegradable</i> terbaik adalah pada campuran tepung dengan rasio tepung nasi aking : tepung tapioka 30:70 dan kadar gliserol 15% dengan <i>tensile strength</i> 20,65 Mpa, <i>elongation at break</i> 4,7% dan <i>modulus Young</i> 1138 Mpa.
5	Analisis Plastik <i>Biodegradable</i> Berbahan Dasar Nasi Aking (Putri Martina & Yulianti, 2020).	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui laju penguraian atau biodegradasi terhadap lingkungan dengan variasi massa 5 gram, 8 gram, dan 11 gram. Untuk pencampuran kitosan dengan kadar 3 gr dan gliserol 2 mL untuk masing-masing massa. Hasil dari penelitian ini didapatkan biodegradasi yang paling optimal dengan massa 8 gram selama 7 hari dan mempunyai kuat tarik 158.725 kg/cm ² .

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



Gambar 3. 1 Skema penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Multifungsi Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry Banda Aceh, yang dilaksanakan mulai dari bulan Juli sampai Oktober 2024. Beberapa pengujian dilakukan di Instansi lain karena keterbatasan alat seperti (Uji Tarik, *Elongation*, *Modulus Young*) Laboratorium Program Studi Magister Teknik Mesin USU, Uji SEM dilakukan pada laboratorium Teknik Kimia Politeknik Negeri Lhokseumawe serta Uji Biodegradasi, Uji Daya Serap Air, dilakukan di Laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

3.2 Jenis Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian kuantitatif dengan metode eksperimen serta menggunakan dua variabel, yaitu variabel bebas yang melibatkan variasi dalam campuran tepung nasi aking, kitosan, dan *plasticizer* gliserol, serta variabel terikat yang mencakup kekuatan tarik, elongasi, ketahanan terhadap air pada plastik *biodegradable*, sifat biodegradasi, dan morfologi (SEM).

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Oven
- b. *Magnetic stirrer*
- c. Neraca Analitik
- d. Gelas ukur
- e. Pipet Volume
- f. *Sieve shaker* 100 mesh
- g. Blender
- h. Plat kaca
- i. *Universal Testing Machine* MCT-2150
- j. Pengadukan kaca
- k. Saringan

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

- a) Nasi aking
- b) Gliserol
- c) Kitosan Komersil
- d) Aquades
- e) Asam asetat (CH_3COOH) 2%

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan pati dari nasi

Bahan utama pada proses pembuatan plastik *biodegradable* ini adalah pati yang terdapat dari limbah nasi yang sudah tak termakan. Pengambilan limbah nasi diambil dari rumah makan yang ada di daerah Darussalam. Limbah nasi ini kemudian dibersihkan dari kotoran atau sisa makanan lainnya. Nasi yang telah dibersihkan kemudian diletakkan dibawah sinar matahari langsung, 5 sampai 10 hari agar kadar airnya berkurang. Tujuan dari pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air dalam nasi aking. Kadar air yang rendah akan membantu mencegah pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan selama proses pengolahan. Setelah kering, nasi aking dihaluskan menggunakan blender dan disaring menggunakan *sieve shaker* untuk mendapatkan partikel berukuran 100 mesh sehingga menyerupai tekstur tepung. Tepung nasi yang sudah disaring kemudian dilarutkan dengan air suling sambil diaduk menggunakan *Jar test*. Setelah diaduk, larutan dibiarkan selama 24 jam. Proses ini memungkinkan pati mengendap, sehingga memisahkan pati dari air suling. Hasil pengendapan pati yang diperoleh dari nasi aking dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Hasil pengendapan pati dan Serbuk pati

Setelah proses pengendapan, endapan yang dihasilkan diambil dan dijemur di bawah sinar matahari hingga kering. Pengeringan ini bertujuan untuk menghilangkan sisa kelembaban, sehingga pati yang dihasilkan memiliki umur simpan yang lebih lama. Setelah kering, endapan tersebut diblender kembali hingga menjadi serbuk halus dan disaring menggunakan alat *sieve shaker* dengan ukuran 100 mesh. Gambar 3.2 juga menunjukkan hasil pati dari nasi aking.

3.4.2 Kitosan

Kitosan dihasilkan melalui serangkaian proses, termasuk deproteinasi, demineralisasi, dan deasetilasi. Kitosan adalah suatu polimer alami yang dihasilkan dari proses deasetilasi kitin, yang merupakan komponen utama dari eksoskeleton hewan seperti udang, kepiting, dan lobster, serta dari jamur (Sudianto dkk, 2020). Dalam penelitian ini, kitosan yang digunakan adalah kitosan komersial yang diperoleh dari kulit udang

3.4.3 Pembuatan plastik *biodegradable*

Penelitian mengenai pembuatan plastik *biodegradable* dari pati nasi aking ini merujuk pada penelitian yang telah dilakukan oleh Selpiana dkk (2020). Pembuatan plastik *biodegradable* dilakukan dengan dua tahap, pertama melarutkan kitosan ke dalam larutan asam asetat 2% dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit pada temperatur 65°C, larutan yang dihasilkan berwarna putih bening dan terdapat gelembung-gelembung udara yang terbentuk akibat pengadukan. Tahap kedua, 10 gr tepung nasi dilarutkan dengan 50 mL asam asetat 2% dengan pengadukan pada temperatur 65°C. Setelah semua larutan larut, larutan nasi aking dicampurkan ke larutan kitosan dengan pengadukan selama 15 menit dengan kecepatan 500 rpm dengan suhu 65 °C sampai mengental.

Setelah semua campuran mengental, didinginkan kembali selama 5 menit dan ditambahkan gliserol sesuai variasi yang telah ditetapkan sambil terus dipanaskan dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit dan suhu 50 °C hingga campuran tersebut membentuk gel. Sebelum di cetak, plat kaca dengan ukuran 20 cm x 20 cm dibersihkan dulu dengan alkohol 96%, kemudian tuang kan gel secara pelan agar gel merata. Kemudian sampel dikeringkan di bawah panas matahari selama 24 jam.

Plastik *biodegradable* yang dihasilkan kemudian di uji sifat mekanik seperti kuat tarik dan *elongasi* dengan menggunakan alat *autograph*. uji morfologi, uji biodegradasi dan uji penyerapan air dilakukan untuk mengetahui seberapa banyak jumlah air yang mampu diserap oleh plastik *biodegradable*. Tabel 3.2 menunjukkan variasi komposisi pembuatan plastik *biodegradable* pada penelitian ini:

Tabel 3. 1 Variasi komposisi Plastik *Biodegradable*

No	Sampel	Nasi Aking (g)	Plasticizer (ml)	Kitosan (g)
1	A	10	1	1,5
2	B	10	2	3
3	C	10	3	4,5

3.5 Uji Karakteristik Bioplastik

3.5.1 Uji Tarik dan *Elongasi*

Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup dua parameter utama, yaitu kuat tarik (*tensile strenght*) dan persen pemanjangan saat putus (*elongation to break*). Kuat tarik merupakan ukuran sejauh mana material dapat menahan gaya tarik sebelum mengalami kerusakan, sedangkan persen pemanjangan saat putus menunjukkan sejauh mana material dapat meregang sebelum akhirnya putus. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk menentukan besarnya gaya maksimum yang dapat ditahan oleh plastik *biodegradable* sebelum mengalami robek atau putus (Nurfauzi dkk.,2018). Sampel plastik *biodegradable* yang diuji memiliki ukuran 9 cm × 2 cm dan diuji menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM). Kuat tarik kemudian dihitung menggunakan persamaan berikut (Lailyningtyas dkk., 2020).

$$\text{Kuat Tarik } (\sigma) = \frac{F_{\text{maks}}}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan:

σ = kuat tarik (N/m²)

F_{maks} = gaya tarik maksimum (N)

A = luas penampang (m²)

Uji elongasi adalah perubahan panjang maksimum plastik sebelum terputus. Pengujian uji elongasi ini bermaksud untuk memahami daya rentang putus pada plastik *biodegradable* yang dihasilkan, karena semakin besar kemampuan rentang yang didapatkan semakin baik kualitas plastik *biodegradable* (Hidayat dkk.,2020). Persen pemanjangan elongasi dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

ε = elongasi (%)

$\Delta L = (L - L_0)$ Pertambahan panjang (mm)

L_0 = Panjang mula (mm) (Nuriyah dkk.,2018).

3.5.2 Uji Ketahanan Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui batas kemampuan plastik *biodegradable*, dalam menyerap air sampai batas maksimal. Uji daya serap air (% daya serap air) dilakukan dengan cara mengukur massa sampel plastik *biodegradable* keadaan kering (W_0) dengan massa sampel plastik *biodegradable* setelah direndam dengan air (W_1). Perhitungan persen penyerapan air pada plastik dapat menggunakan persamaan:

$$\% \text{ daya serap air} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan :

W_1 : Berat plastik *biodegradable* dalam keadaan kering

W_0 : Berat plastik *biodegradable* dalam keadaan basah

Uji daya serap air diperlukan untuk mengetahui sifat plastik *biodegradable* hasil penelitian sudah mendekati sifat plastik konvensional atau belum, karena penggunaan plastik yang cukup beragam maka plastik yang dihasilkan harus memiliki ketahanan air yang cukup tinggi (Kartini Dahri.,2024)

3.5.3 Uji Daya Biodegradasi

Sampel plastik *biodegradable* yang telah dipotong dengan ukuran 3×4 cm, kemudian diletakan di atas permukaan tanah yang di isi dalam wadah khusus dan dibiarkan selama dua minggu dengan pengamatan setiap hari. Sebelum plastik

biodegradable di uji biodegradasi dilakukan penimbangan dan pengukuran terhadap sampelnya yang diuji (Marlina dkk.,2021).

3.5.4 Uji Morfologi

Uji morfologi biomaterial dapat dilakukan dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) untuk memahami struktur, reaktivitas, dan kehalusan suatu material. Proses ujinya melibatkan perendaman sampel bioplastik dalam air agar stabil, setelah itu ditempatkan dalam SEM dan diberi *microarray* elektron dalam ruang hampa. Hasil analisis akan menyajikan morfologi dan topografi material bioplastik yang dapat digunakan untuk memahami sifat mekanik dan kualitas material (Hidayat dkk., 2019).



BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Sifat mekanik plastik *biodegradable*

Plastik *biodegradable* yang terbuat dari pati, kitosan dan penambahan gliserol yang telah dibuat kemudian diuji karakteristiknya atau uji mekanik. Uji karakteristik meliputi uji kuat tarik, elongasi, daya serap air (*swelling*), dan biodegradasi. Berikut adalah tabel hasil plastik *biodegradable*:

Tabel 4. 1 Hasil pembuatan plastik *biodegradable*

Variasi	Komposisi			Hasil
	Pati (g)	Kitosan (g)	Gliserol (mL)	
A	10	1,5	1	
B	10	3	2	
C	10	4,5	3	

Dilihat dari bentuk fisik dan warna, plastik *biodegradable* yang dihasilkan hampir menyerupai plastik konvensional, yaitu berwarna putih transparan, elastis dan memiliki permukaan yang halus. Namun, pada plastik *biodegradable* dengan

komposisi 1,5 gr kitosan, permukaannya terlihat lebih tipis dan gampang sobek waktu dilepas dari plat kaca. Pada variasi konsentrasi 3,5 gr, plastik yang dihasilkan memiliki permukaan putih transparan yang lebih menyerupai plastik konvensional, dengan tekstur yang cenderung lebih baik. Sebaliknya, pada variasi konsentrasi kitosan 4,5 gr permukaan plastik *biodegradable* terlihat kasar dengan sedikit warna kekuningan. hal ini disebabkan oleh konsistensi larutan yang sangat kental akibat meningkatnya konsentrasi kitosan. Kitosan, yang memiliki sifat sulit larut dalam air, mempengaruhi tingkat kekentalan dan ketebalan larutan, sehingga menciptakan kesulitan dalam pencetakan dan menghasilkan permukaan yang kurang merata. Plastik yang ditambahkan kitosan memiliki tekstur yang rapat dan kaku, yang ditandai dengan seiring bertambahnya kitosan, sampel plastik semakin mudah dilepaskan dari cetakan. Selain itu, plastik yang dihasilkan memiliki bau khas asam asetat yang ditambahkan pada saat membuat larutan kitosan.

4.4.1 Uji daya tarik dan *Elongasi*

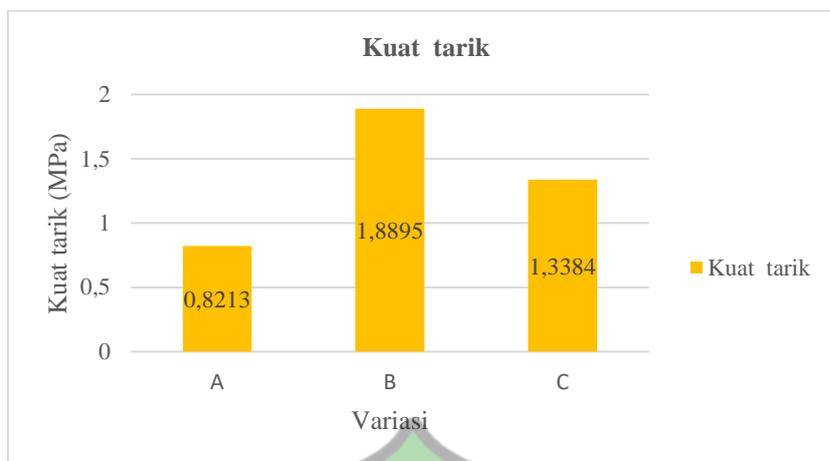
Pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup dua parameter utama, yaitu kuat tarik (*Tensile Strength*) dan persen pemanjangan saat putus (*Elongation to break*).

a) Hasil Uji Tarik

Uji kuat tarik dan persen elongasi dilakukan untuk mengetahui besarnya nilai kuat tarik dan elongasi dari bioplastik yang telah disintesis, nilai kuat tarik dan persen elongasi yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan grafik 4.1

Tabel 4. 2 Data Hasil Uji Tarik

Variasi	Pati	Kitosan	Gliserol	Uji Kuat tarik (Mpa)	SNI Kuat tarik
A	10 gr	1,5 gr	1 mL	0,8213	24,7-302 Mpa
B	10 gr	3 gr	2 mL	1,8895	
C	10 gr	4,5 gr	3 mL	1,3384	



Gambar 4. 1 Grafik hasil uji kuat tarik dan elongasi

Dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.2 tersebut untuk kuat tarik plastik *biodegradable* dari pati nasi terdapat nilai yang berbeda berdasarkan variasi kitosan dan gliserol. Nilai kuat tarik plastik *biodegradable* dari pati nasi meningkat seiring bertambahnya konsentrasi kitosan dan gliserol. Kuat tarik plastik *biodegradable* terbaik pada penelitian ini diperoleh oleh Variasi B dengan nilai kuat tarik sebesar 1,8895 Mpa. Sementara nilai kuat tarik terendah terdapat pada variasi A memperoleh nilai sebesar 0,8213 Mpa. Pada variasi C nilai kuat tarik justru mengalami penurunan menjadi 1,3384 Mpa, hal ini tidak sesuai dengan literatur yang ada, bahwa penambahan konsentrasi kitosan sebagai penguat dapat meningkatkan nilai kuat tarik, hal ini disebabkan karena kurang homogenya larutan pada saat pengadukan, karena perlakuan pengadukan secara manual yang hanya menggunakan batang pengaduk kaca, yang mungkin tidak cukup baik untuk mencampurkan bahan-bahan dengan merata. Ketika larutan mengental, distribusi kitosan dalam campuran pati dan gliserol tidak merata, sehingga mengurangi kekuatan keseluruhan plastik yang dihasilkan.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Azzahra dkk., (2024) menjelaskan bahwa Penurunan kuat tarik pada bioplastik menurun seiring bertambahnya konsentrasi kitosan. Hal ini dikarenakan kitosan memiliki struktur rantai polimer yang linier, dimana struktur rantai linier cenderung membentuk fasa kristalin yang dapat memberikan kekuatan, kekakuan dan kekerasan namun juga menyebabkan plastik *biodegradable* menjadi lebih mudah putus dan patah.

Kemudian pada penelitian Nugraha dkk (2020) juga menyatakan bahwa proses pencampuran yang kurang homogen mengakibatkan distribusi molekul komponen penyusun bioplastik kurang merata, sehingga material yang dihasilkan mengalami penurunan kuat tarik.

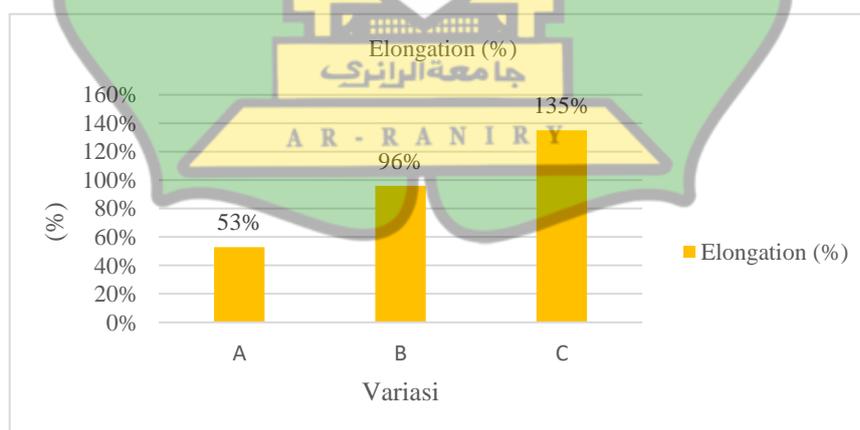
Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) sifat mekanik bioplastik Nomor 7188.7:2016, standar mutu untuk kekuatan tarik plastik *biodegradable* adalah 24,7 hingga 30,2 Mpa. Namun, hasil uji plastik *biodegradable* menunjukkan variasi A, Variasi B, Variasi C memiliki tegangan maksimum jauh dibawah rentang tersebut, yaitu memperoleh nilai masing-masing 0,8213 Mpa, 1,8895 Mpa dan 1,3384 Mpa. Ini mengidentifikasikan bahwa kekuatan tarik plastik *biodegradable* yang diuji pada penelitian ini belum memenuhi standar yang diharapkan.

b) Hasil pemanjangan putus (*Elongasi*)

Uji elongasi bertujuan untuk mengetahui panjang sampel sebelum putus. Hasil uji elongasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data hasil uji *Elongasi*

Variasi	Bahan			Elongasi mm	Elongation (%)
	Pati	Kitosan	Gliserol		
A	10	1,5	1	4,85	53%
B	10	3	2	8,69	96%
C	10	4,5	3	12,22	135%



Gambar 4.2 Hasil uji elongasi

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Gambar 4.2, hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan gliserol dan kitosan mempengaruhi pemanjangan atau elongasi

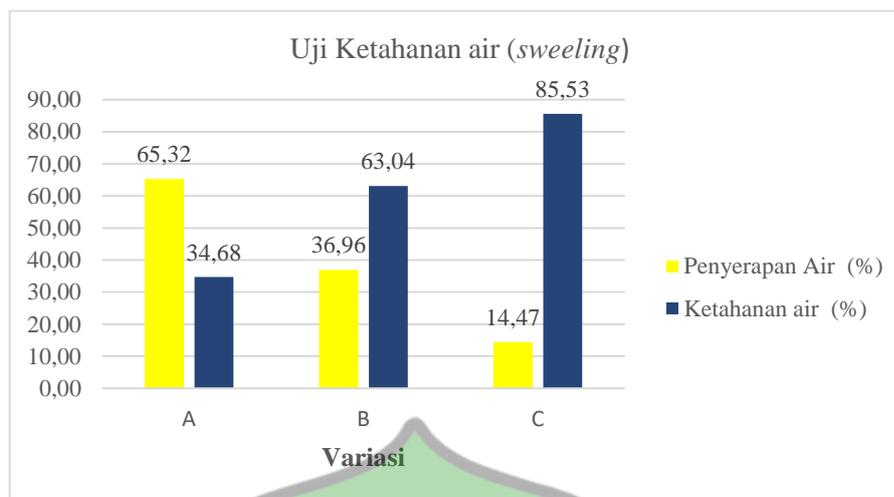
plastik. Nilai pemanjangan tertinggi ditemukan pada variasi C, yaitu dengan konsentrasi 4,5 gr kitosan dan 3 mL gliserol, yang menghasilkan elongasi sebesar 135%. Ini menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi gliserol yang ditambahkan, semakin tinggi persentase pemanjangan yang dihasilkan. Penambahan gliserol dapat membuat struktur plastik *biodegradable* menjadi lebih lentur, yang mengarah pada peningkatan kemampuan pemanjangan atau elongasi. Hasil ini sejalan dengan penelitian Arini dkk.,2017 yang menyatakan bahwa semakin tinggi kadar konsentrasi gliserol dapat meningkatkan nilai persen elongasi. Hal ini disebabkan gliserol mempunyai titik didih tinggi yang menyebabkan menurunnya gaya intermolekul antar rantai sehingga gerakan rantai lebih bebas yang menyebabkan fleksibilitas meningkat. Namun, penambahan gliserol dengan jumlah yang tinggi juga menyebabkan penurunan kekuatan tarik (*tensile strength*). Hasil penelitian ini memenuhi standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI), di mana nilai elongasi pada plastik bioplastik seharusnya berkisar antara 21% hingga 220%.

4.4.2 Uji Daya Serap Air

Uji daya serap air dilakukan untuk mengetahui tingkat ketahanan suatu plastik *biodegradable* terhadap air. Data hasil uji ketahanan air (*swelling*) dapat dilihat pada Tabel 4.4. Selain itu, grafik hasil uji ketahanan air (*swelling*) juga dapat dilampirkan pada Gambar 4.2

Table 4. 4 Data hasil uji ketahanan air (*Swelling*)

Variasi	Bahan			W ₀	W	Penyerapan Air (%)	Ketahanan air (%)
	Pati	Kitosan	Gliserol	(g)	(g)		
	(g)	(g)	(mL)				
A	10	1,5	1	0.1286	0.2126	65.32	34.68
B	10	3	2	0.1775	0.2431	36.96	63.04
C	10	4,5	3	0.2212	0.2532	14.47	85.53



Gambar 4. 2 Grafik hasil uji ketahanan air (*Swelling*)

Hasil uji ketahanan air pada plastik *biodegradable* dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Gambar 4.5 dari ketiga sampel plastik *biodegradable*, Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa antara data hasil penelitian dan grafik ketahanan air tertinggi, yaitu terdapat pada sampel C, yang dimana konsentrasi kitosannya lebih tinggi dari variasi A dan B, memperoleh nilai sebesar 85,53%. Sedangkan hasil untuk ketahanan air terendah, yaitu variasi A dengan nilai 34,68%, hal ini disebabkan karena jumlah kitosan pada larutan plastik *biodegradable* lebih kecil dari variasi B dan C, sehingga plastik yang dihasilkan lebih tipis dari variasi B dan kalau di rendam cepat hancur. Semakin tebal plastik *biodegradable*, akan mempengaruhi peningkatan kekuatan plastik *biodegradable* untuk menghambat penyerapan air.

Pada plastik *biodegradable* penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan kitosan dapat meningkatkan nilai ketahanan air, Hal ini disebabkan karena sifat dari kitosan yaitu hidrofobik. Semakin besar jumlah penambahan kitosan, maka nilai ketahanan airnya semakin besar dan sampel plastik *biodegradable*nya semakin tebal. Nilai ketahanan air pada plastik *biodegradable* terbaik pada penelitian ini adalah 85,53%. Nilai tersebut mendekati standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 7188.7:2016, yaitu sebesar 99%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Cengristiqama dkk., (2020) menjelaskan bahwa semakin tinggi nilai % penyerapan air maka semakin rendah plastik *biodegradable*, dan juga berlaku sebaliknya. Akan tetapi naik turun kadar

ketahanan air juga disebabkan oleh jumlah konsentrasi bahan yang digunakan tidak sama. Selain itu, luas permukaan dan ketebalan plastik juga dapat mempengaruhi hasil pengujian, faktor ini berkaitan dengan luas penyerapan air pada plastik *biodegradable*.

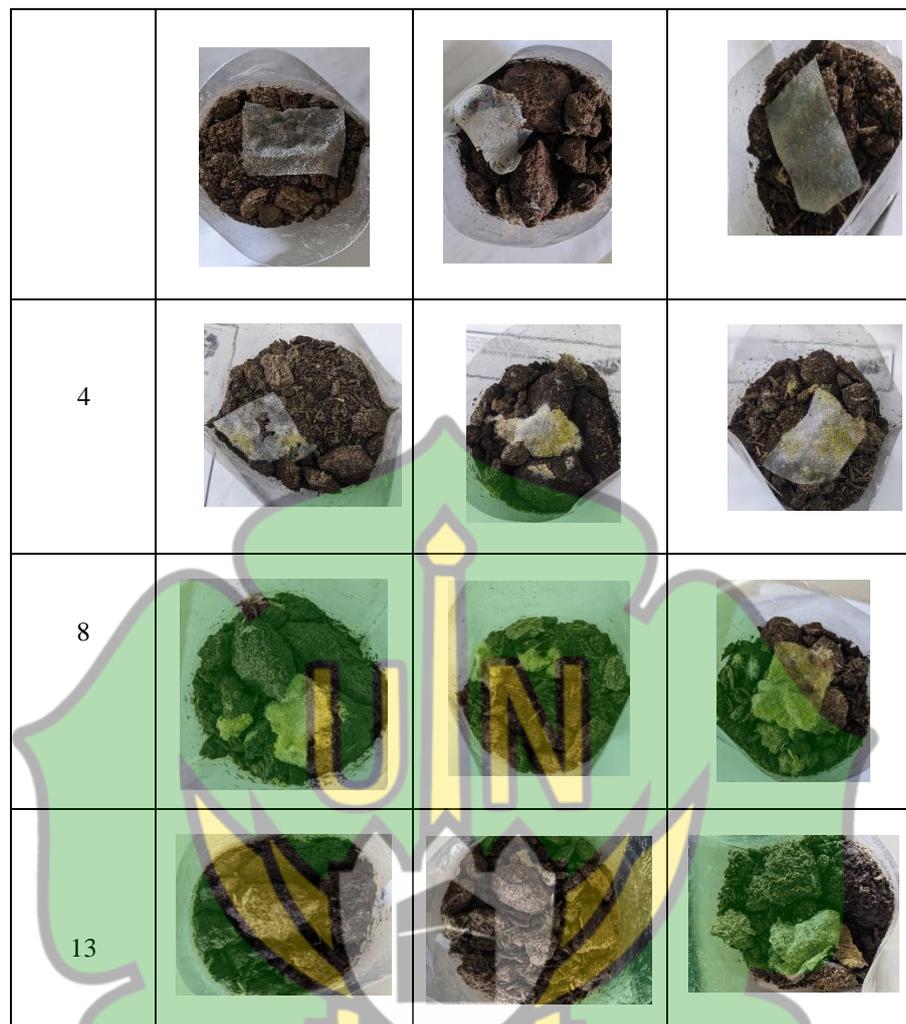
Menurut Azzara dkk., (2024) penambahan gliserol yang bersifat hidrofilik dapat meningkatkan ruang kosong antar molekul dalam plastik *biodegradable*. Hal ini mengakibatkan penurunan sifat penghambat terhadap air, sehingga meningkatkan daya serap air. Namun sebaliknya penambahan kitosan dalam jumlah yang lebih tinggi akan mengurangi daya serap air dari plastik *biodegradable*. Kitosan memiliki gugus hidroksil yang bersifat hidrofilik, tetapi sifatnya yang tidak larut dalam air membuatnya lebih cenderung menolak penyerapan air. Dengan meningkatnya jumlah kitosan, ikatan antara molekul kitosan dan polimer lainnya akan memperkecil ruang kosong yang tersedia untuk molekul air, sehingga nilai ketahanan air meningkat. Selain itu, luas permukaan dan ketebalan plastik juga dapat mempengaruhi hasil pengujian, faktor ini berkaitan dengan luas penyerapan air pada plastik *biodegradable*.

4.4.3 Uji Biodegradasi

Hasil pengamatan dapat dilihat pada Tabel Gambar 4.6 dan hasil uji biodegradasi dapat dilihat pada tabel Gambar 4. 7 berikut ini:

Tabel 4. 4 Hasil pengamatan uji biodegradasi

Hari ke	Variasi		
	A	B	C
0			
1			



Keterangan:

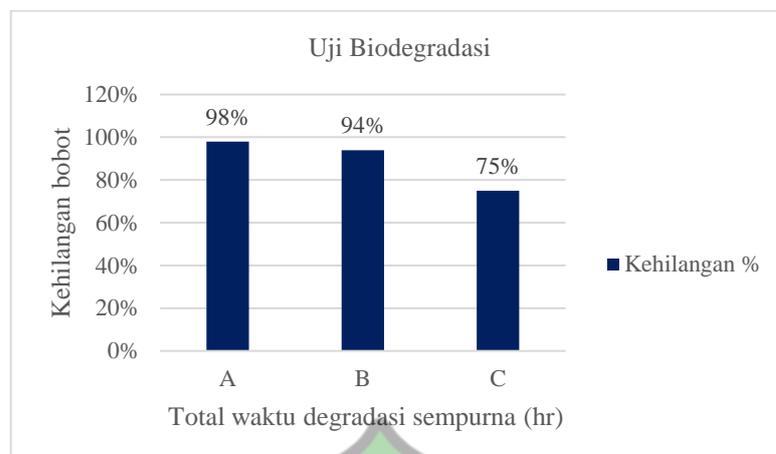
A = variasi kitosan 1,5 gr dan gliserol 1 mL

B = Variasi kitosan 3 gr dan gliserol 2 mL

C = Variasi kitosan 4,5 gr dan gliserol 3 mL

Tabel 4. 6 Hasil uji biodegradasi

Variasi	Pati	kitosan	Gliserol	Berat Awal	Berat hari ke - (gr)			Kehilangan berat (%)
					1	2	3	
A	10 gr	1,5 gr	1 mL	0,1868	0,1018	0,0195	0,0035	98%
B	10 gr	3 gr	2 mL	0,2107	0,1884	0,0761	0,0124	94%
C	10 gr	4,5 gr	3 mL	0,3714	0,3232	0,1298	0,0921	75%



Gambar 4.3 Grafik Uji Biodegradasi

Hasil pengujian biodegradasi dengan metode *soil burial test* mengungkapkan bahwa ketiga variasi plastik *biodegradable* sebelum dilakukan penguburan memiliki kondisi fisik, bersih, tebal utuh dan bening seperti terlihat pada tabel 4.3, setelah dilakukan penguburan selama 13 hari terlihat perubahan pada kondisi fisik pada sampel tersebut. Ini berarti, semakin lama plastik *biodegradable* dibiarkan, semakin banyak bagian dari plastik yang mengalami proses degradasi.

Perbedaan konsentrasi kitosan dan gliserol yang digunakan juga mempengaruhi massa terdegradasi, yang mengacu pada Standar ASTM D-6002 yang menyatakan bahwa biodegradasi plastik *biodegradable* membutuhkan waktu 60 hari untuk terurai secara sempurna (100%), sedangkan dalam penelitian ini, plastik *biodegradable* dengan waktu degradasi paling cepat adalah sampel Variasi A dengan komposisi kitosan dan gliserol yang lebih rendah yaitu dengan variasi 10 gr pati, 1,5 gr kitosan dengan penambahan gliserol 1 mL yaitu selama tiga belas hari dengan nilai kehilangan 98%. Hal ini dikarenakan pada Variasi A komposisi kitosan dan gliserol relatif rendah sehingga membuat plastik *biodegradable* cepat terdegradasi. Namun plastik *biodegradable* yang cenderung lama terdegradasi ialah Variasi C dengan komposisi 10 gr pati, 4,5 gr kitosan dengan penambahan gliserol 3 mL sampai hari ketiga belas masih ada sampel *plastik biodegradable* yang belum terdegradasi. Hal ini disebabkan pada plastik *biodegradable* mempunyai jumlah kitosan yang jauh lebih besar dari variasi sebelumnya. Penambahan kitosan yang lebih banyak dapat membuat struktur ikatan molekul bioplastik menjadi lebih rapat

karena kitosan memiliki sifat yang tahan terhadap degradasi mikroorganisme pengurai yang terkandung dalam tanah (Dwi Hartatik dan Nuriyah, 2014).

Sesuai dengan penelitian Muhammad dkk (2020), dijelaskan penambahan kitosan juga memiliki sifat tahan terhadap serangan mikroorganisme pengurai yang terkandung di dalam tanah sehingga sampel plastik *biodegradable* lama terurai. kitosan yang lebih tinggi menyebabkan waktu degradasi bioplastik semakin lama akibat sifat hidrofobik dari kitosan yang mempengaruhi kelembaban sebagai syarat pertumbuhan mikroorganisme pendegradasi bioplastik.

4.2 Hasil Analisis SEM

Pengamatan morfologi plastik *biodegradable* dilakukan dengan menggunakan mikroskop elektron (*Scanning Electron Microscope*), SEM. Sampel ditempelkan pada tempat contoh dengan perekat *elektrokondutif*, dan gambar diambil setelah menghasilkan gambar yang cukup jelas. Tujuan analisis ini adalah untuk menjelaskan morfologi plastik *biodegradable* yang dihasilkan (Kumoro & Purbasari, 2014). Berikut morfologi permukaan plastik *biodegradable* pada variasi 10 gr pati, kitosan 3 gr dan 2 mL gliserol dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 4 Hasil uji SEM

(A) Gelembung (B) Pati nasi (C) permukaan homogen

Hasil SEM plastik *biodegradable* dengan komposisi pati nasi, kitosan dengan penambahan gliserol sebagai *plasticizer* dengan skala pembesaran $\times 3000$

pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa permukaan bioplastik memiliki susunan partikel yang tidak teratur, Gambar A menunjukkan meskipun kitosan, pati dan juga gliserol telah dicampur dengan baik bisa menciptakan sifat homogen secara keseluruhan dan terlihat plastik *biodegradable* sudah rapat. Namun, *scanning electron microscopy* juga menunjukkan bahwa pada gambar B terdapat gumpalan putih dengan ukuran 5 μm . Hal ini mengindikasikan bahwa partikel pati mengalami aglomerasi mengelompok sehingga menyebabkan distribusi pati di dalam lapisan plastik *biodegradable* tidak tersebar merata. Ketidakteraturan ini juga terlihat jelas dari munculnya gelembung-gelembung kecil yang ditunjukkan pada gambar A yang diakibatkan oleh penyebaran gliserol yang tidak merata pada permukaan bioplastik. Penelitian yang juga menjelaskan gelembung ini muncul sebagai akibat dari proses *aglomerasi* yang disebabkan oleh pengadukan yang tidak optimal. Ketika bahan-bahan bioplastik dicampurkan, pengadukan yang kurang baik dapat mengakibatkan terjebaknya udara. Udara yang terperangkap ini kemudian membentuk gelembung, sehingga mengganggu keseragaman dan kualitas permukaan bioplastik. Ketidakteraturan ini dapat mempengaruhi sifat mekanik dan fungsional bioplastik, serta potensi biodegradasi.

Menurut Nafiyanto (2019) terlihat adanya gelembung-gelembung kecil tersebut yang tersebar pada permukaan plastik *biodegradable*. Hal ini menunjukkan penyebaran gliserol yang tidak merata pada bioplastik. Kemudian jika terdapat tenaga yang kuat saat seperti pengadukan yang baik selama proses pencampuran pada suhu gelatinisasi dan transisi *glass* akan dengan mudah menggabungkan partikel-partikel kitosan dan gliserol yang tidak saling larut ke dalam pati sehingga menghasilkan distribusi kitosan tersebar dengan baik. Dengan meningkatkannya konsentrasi kitosan akan menyebabkan rongga-rongga pelapisan bioplastik semakin sedikit, sehingga memperkuat bioplastik. Akan tetapi dengan semakin kelebihan kitosan juga akan menurunkan kekuatan plastik karena makin banyak kitosan yang tidak tercampur sempurna.

BAB V PENUTUP

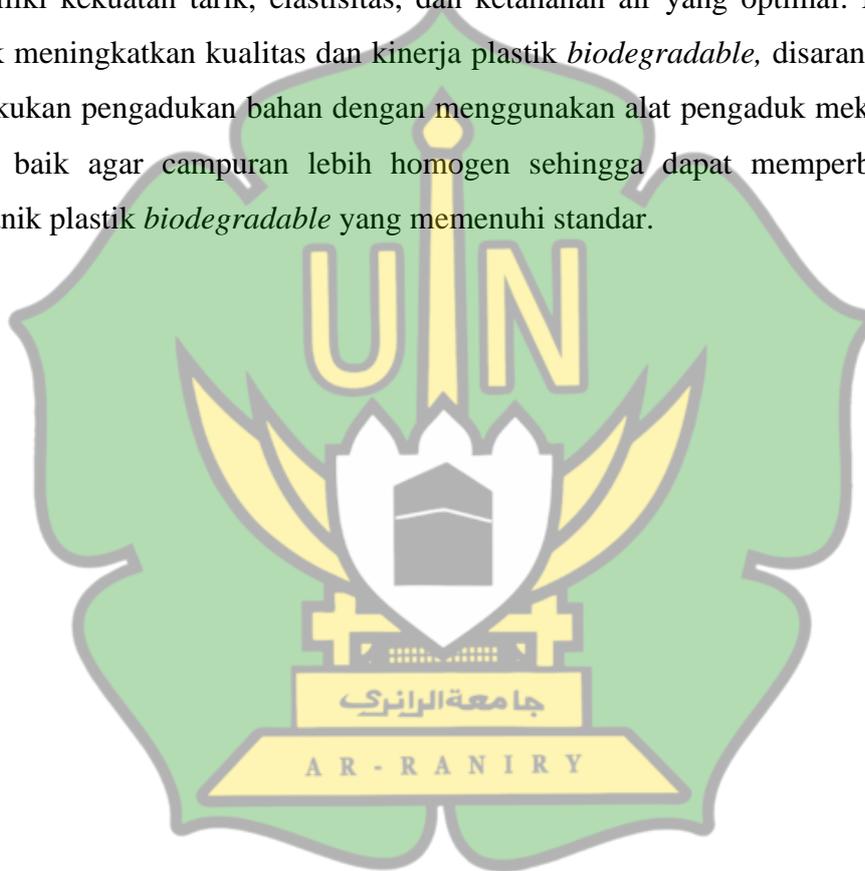
5.1 Kesimpulan

1. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan kitosan dan gliserol pada plastik *biodegradable* berbahan dasar pati nasi aking memberikan pengaruh signifikan terhadap karakteristik mekanik dan biodegradasi plastik yang dihasilkan. Konsentrasi variasi kitosan dan gliserol mempengaruhi kekuatan tarik, elongasi, daya serap air, serta tingkat biodegradasi dengan hasil sebagai berikut:
 - a) Uji kuat tarik: variasi B (3 gr kitosan dan 2 mL gliserol) menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi, yaitu 1,8895 Mpa.
 - b) Elongasi: plastik dengan variasi C (4,5 gr kitosan dan 3 ml gliserol) memiliki nilai elongasi tertinggi sebesar 135% yang memenuhi standar SNI. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan gliserol meningkatkan fleksibilitas plastik.
 - c) Daya serap air: pada variasi C memiliki ketahanan air terbaik dengan nilai daya serap 85,53%. Hasil ini menunjukkan bahwa hidrofobik mampu meningkatkan ketahanan plastik terhadap air.
 - d) Biodegradasi: variasi A (1,5 gr kitosan dan 1 mL gliserol) menunjukkan tingkat biodegradasi paling tinggi, yaitu 98% dalam 13 hari. namun, semakin banyak kitosan yang ditambahkan, proses biodegradasi cenderung melambat karena sifat kitosan yang kurang mendukung aktivitas mikroorganisme.
2. Hasil pengamatan morfologi plastik *biodegradable* menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menunjukkan bahwa komposisi pati nasi, kitosan, dan gliserol memengaruhi struktur dan kualitas permukaan bioplastik. Permukaan bioplastik pada skala pembesaran $\times 3000$ memiliki susunan partikel yang tidak sepenuhnya homogen. Gumpalan putih berukuran $5 \mu\text{m}$ yang teridentifikasi mencerminkan adanya aglomerasi partikel pati, sehingga distribusinya dalam matriks plastik tidak merata. Gelembung-gelembung kecil yang tampak pada permukaan bioplastik adalah indikasi penyebaran gliserol yang tidak merata. Keberadaan

gelembung ini berdampak negatif terhadap sifat mekanik dan fungsional bioplastik, karena dapat melemahkan kekuatan material, meningkatkan kerentanan terhadap retak, dan mengurangi kemampuan biodegradasi yang konsisten.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pembuatan plastik *biodegradable* dengan komposisi variasi kitosan dan gliserol yang tepat, agar plastik *biodegradable* memiliki kekuatan tarik, elastisitas, dan ketahanan air yang optimal. Kemudian untuk meningkatkan kualitas dan kinerja plastik *biodegradable*, disarankan untuk melakukan pengadukan bahan dengan menggunakan alat pengaduk mekanis yang lebih baik agar campuran lebih homogen sehingga dapat memperbaiki sifat mekanik plastik *biodegradable* yang memenuhi standar.



DAFTAR PUSTAKA

- Alfiani, A., Sasria, N., Putri D. L. (2023). Pengaruh *Carboxymethyl Cellulose* Terhadap Karakteristik Bioplastik Menggunakan Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Pati Ampas Tahu. *Jurnal Integrasi Proses*. Vol. 12 (1).
- Aldila, H., Nuryadin, A., Yuliana Dalimunthe, D., Fisika, J., Bangka Belitung Kampus Peradapan, U. J., Terpadu Balunijuk Gd Dharma Penelitian Lt, K., Bangka Belitung, K., Matematika, J., Terpadu Balunijuk Gd Babel, K., & Kunci, K. (2021). Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Proses Deasetilasi Kitin terhadap Derajat Deasetilasi Kitosan. In *Jurnal Riset Fisika Indonesia* (Vol. 1, Issue 2).
- Azzahra, C., Ayuningtyas, M. F., Fransenda, A. N., Wijanarka, A. R., & Kusdiyantini, W. (2024). Karakterisasi Bioplastik Tepung Hanjeli (*Coix Lacryma-Jobi L.*) Dengan Variasi Konsentrasi Kitosan. *Jurnal Teknosains*. 18 (1), 13–21.
- Anggraini, F. (2019). Karakteristik *Biodegradable* Film Berbasis Ampas Tebu (*Saccharum officinarum L*) Dengan Penambahan Gliserol dan *Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*.
- Anom, I. D. K., & Lombok, J. Z. (2020). Karakterisasi Asap Cair Hasil Pirolisis Sampah Kantong Plastik sebagai Bahan Bakar Bensin. *Fullerene Journal of Chemistry*, 5(2), 96.
- Ariadi Lusiana, R., Suseno, A., Haris, A., & Iftinan Sari, N. (2021). Karakterisasi Fisikimia Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan Tertaut Silan Asam Suksinat Pati Poly Vinyl Alcohol. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 6 (2), 145–155.
- Briyan Ramadhan, M., & Oktavia, F. (n.d.). *Seminar Nasional insting (inovasi plastik dari tepung nasi aking) Dengan Penguat Alami Kitosan Dan Asam Oleat INSTING (Inovasi Plastik Dari Tepung Nasi Aking With Oleic Acid and Chitosan as Natural Reinforcement)*
- Cengristitama dkk., (2022). Pengaruh Penambahan Kitosan dan *Plasticizer* Sorbitol pada Proses Pembuatan Plastik *Biodegradable* Berbahan Dasar Pati Kulit Pisang Tanduk. *Tedc*, 17(2), 134-140.
- Dani Alim, M., Karangan, A., & Nandini, A. (2023). *Utilization of aking rice waste with addition of chitosan and sorbitol in bioplastics production*. In *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 17 (2).
- Desramadhani, R., Budi, S., Kusuma, W. (2023). *Indonesian Journal of Chemical Science The Effect of Sorbitol Concentration on the Characteristics of Starch-Based Bioplastic*. 12 (2).

- Dewajani, H., Rachmawati, D., Berkah Nabilla, C., & Tazkiyah Novianti, F. (2024). Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Bonggol Jagung dengan Penambahan Minyak Atsiri Sebagai *Antioksidan* *Preparation of Bioplastic from Corn Cob Starch with the Addition of Essential Oils as Antioxidants*. In *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia* (Vol. 21, Issue 3).
- Dwi Hartatik, Y., & Nuriyah, L. (2014). *Pengaruh Komposisi Kitosan terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradable Bioplastik*.
- Dwi Nur Insan, V. (2020). Pemanfaatan limbah sekam padi dan minyak jelantah untuk pembuatan bioplasti. 14 (1).
- Dwinahari Putri, A. (2023). Review: Pemanfaatan Polimer Alami Dalam Pembuatan Plastik *Biodegradable*. *Jurnal Al'ilmi*, 12 (1).
- Fifi aisyah putri, s. sigit udjiana. (2022). Pemanfaatan nasi aking sebagai bahan baku pembuatan plastik *biodegradable*. *jurnal teknologi separasi*. 8(4).
- Fitra Riansya, J., & Yordan, K. (2018). Pembuatan plastik *biodegradable* dari tepung nasi aking.
- Hamidah, H., Muzaki, H., & Kholidah, N. (2021). *Rice Flour Potential As Biodegradable Plate (Bioplastic) In Terms Of It's Characteristics*. *Stannum: Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 3(2), 49–55.
- Harimbi S., Satria Y., M. Zamroni B.F.A, Dwi Ana A, Muyassaroh. 2020. Optimalisasi Pemanfaatan Nasi Aking Menjadi Plastik *Biodegradable* Untuk Mengembangkan Budaya *Eco Green* Pada Masyarakat Dikelurahan Mojolangu Kota Malang. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri*, Vol.6 No,2.
- Herawati, R. (2021). Pengaruh perbandingan tepung nasi aking dan tepung kulit pisang dalam pembuatan plastik *biodegradable*. *Jurnal Konservasi*. 10 (2).
- Hidayat, F., Syaubari, dan Salima (2020). Pemanfaatan Pati Tapioka dan Kitosan Dalam Pembuatan Plastik *Biodegradable* dengan Penambahan Gliserol sebagai *Plasticizer*. *Jurnal Litbang Industri*, 10 (1), 33.
- Indra Nafiyanto., (2019). Pembuatan plastik *biodegradable* dari limbah bonggol pisang kepok dengan *plasticizer* gliserol dari minyak jelantah dan komposit kitosan dari limbah cangkang bekicot (*achatina fullica*)
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E. Y. (2017). Potensi pengembangan plastik *biodegradable* berbasis pati sagu dan ubikayu di indonesia / *The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia*. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*, 36 (2), 67.
- Khotimah, K., Ridlo, A., & Suryono, C. A. (2022). Sifat Fisik dan Mekanik Bioplastik Komposit dari Alginat dan Karagenan. *Journal of Marine Research*,

11(3), 409–419.

- Kartini., D (2024). Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa Sabut (Fiber) Kelapa Sawit Dengan Penambahan Sorbitol dan CMC (*Carboxy Methyl Cellulose*)
- Kumoro, A. C., & Purbasari, A. (2014). Sifat Mekanik dan Morfologi Plastik Biodegradable Dari Limbah Tepung Nasi Aking dan Tepung Tapioka Menggunakan Gliserol Sebagai *Plasticizer*. *Jurnal Teknik*. 35 (1), 8–16.
- Kustiyah, E., Novitasari, D., Andia Wardani, L., Hasaya, H., & Widiatoro, M. (2023). *Utilization of Sugarcane Bagasses for Making Biodegradable Plastics with the Melt Intercalation Method*. 24(2), 300–306.
- Lailyningtyas, D. I., Lutfi, M., & Ahmad, A. M. (2020). Uji Mekanik Bioplastik Berbahan Pati Umbi Ganyong (*Canna Edulis*) dengan Variasi Selulosa Asetat dan Sorbitol. *Jurnal Keteknik Pertanian tropis dan biosistem*, 8 (1), 91– 100.
- Mahatmanti, F. W., Kusumastuti, E., Jumaeri, J., Sulistyani, M., Susiyanti, A., Haryati, U., & Dirgantari, P. S. (2022). Pembuatan Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Cangkang Udang Sebagai Upaya Memanfaatkan Limbah Menjadi Material Maju. *Inovasi Kimia*, 1, 1–38.
- Malik Arif Rojtica., (2017). Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat Limbah Tebu-Kitosan-Gliserol.
- Maneking, E., Sangian, H. F., Herlina, S., Tongkukut, J., Fisika, J., Universitas, F., Ratulangi Kata Kunci Abstr, S., Bioplastik, A. K., Singkong, P., & Gliserol, a. (2022). *Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Biomassa dengan Plasticizer Gliserol*.
- Marlina, I., tsania, n., & achmad, f. (2021). Pengaruh variasi penambahan kitosan dan gliserol terhadap karakteristik plastik *biodegradable* dari pati ubi jalar (Vol. 15, Issue 2).
- Megawati, Damawayanti, A. Dan Widyastuti, R.Y (2021). Deasetilasi Kitin Dari Cangkang Bekicot (*Achatina Ulica*) Menjadi Kitosan Dan Aplikasinya Sebagai *Edible Film*, *Inovasi Sains Dan Kesehatan*, P.2.
- Melani, A., Herawati, N., & Kurniawan, A. F. (2017). Bioplastik Pati Umbi Talas Melalui Proses Melt Intercalation (Kajian Pengaruh Destilasi Jenis Filler, Konsentrasi Filler dan Jenis *Plasticiezer*). *Jurnal*. Vol. 2 (2).
- Muharam, T., Fitriani, D., Fataya, D., Jannah, M., Zidan, M., Ghifari, A., Sihombing, R. P., & Bandung, P. N. (2022). Karakteristik daya serap air dan biodegradabilitas pada bioplastik berbasis pati singkong dengan penambahan polyvinyl alcohol.2
- Muhammad Basrah Jaya Nur., (2017). Pemanfaatan bonggol pisang dan dedak padi dalam pembuatan plastik *biodegradable* dengan *plasticizer* gliserin dari

minyak jelantah skrip.

- Muhammad Ravi Bachtiar Saputra. Edy Supriyo. (2020). Pembuatan Plastik *Biodegradable* Menggunakan Pati Dengan Penambahan Katalis Zno Dan Stabilizer Gliserol. 01 (1).
- Muhammad, Rina Ridara, Masrullita. (2020). Sintesis bioplastik dari pati biji alpukat dengan bahan pengisi kitosan. *Jurnal Teknologi Kimia*. 11 (1).
- Nadhira, R., & Cahyana, Y. (2023). Kajian sifat fungsional dan amilografi pati dengan penambahan senyawa fenolik: kajian pustaka. *Jurnal Penelitian Pangan (Indonesian Journal of Food Research)*, 3(1).
- Nugrah, Rita Dewi Triastiati, Diananto Prihandoko., (2020). Uji Perbandingan Plastik *Biodegradable* Pati Singkong Dan Pati Kentang Terhadap Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan. *Jurnal rakayasa lingkungan*. 20 (1).
- Nurfauzi, S., Sutan, S. M., Argo, D., Djoyowasito, G., (2018). Pengaruh Konsentrasi CMC dan Suhu Pengeringan Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Degradasi Pada Plastik *Biodegradable* Berbasis Tepung Jagung. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem* 6 (1).
- Nurhidayanti, N., Yulian, I., Wardani, K., & Ilyas, I. (2021). Studi Optimalisasi Komposisi Gliserol Dan Kitosan Terhadap Karakteristik Sifat Fisik Plastik *Biodegradable* Dari Limbah Nasi Aking dan Tepung Tapioka. *ECOTROPHIC Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*. 15(1), 27–35.
- Nuriyah, L., Saroja, G., Ghufron, M., Razanata, A., Rosid, N. F., Fisika, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2018). Karakteristik Kuat Tarik dan Elongasi Bioplastik Berbahan Pati Ubi Jalar Cilembu dengan Variasi Jenis Pemplastis.
- Putri Martina, S., & Yulianti, I. (n.d.). *Analisis Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Nasi Aking*.
- Sasria, N., Asrilsyah, A., Lubis, M. P. D., Zulfikar, A., & Tanjung, R. A. (2020). Sintesis Dan Karakterisasi Plastik *Biodegradable* Berbasis Pati Nasi Aking dan Kitosan Cangkang Udang. *Teknika: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 16 (2), 231.
- Selpina, Jeo Fitra Riansyah, kevil yordan. 2020, pembuatan plastik biodegradable dari tepung nasi aking.
- Selvina Wahyu Kristanti, Murni Yuniwati. (2017). Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Perbandingan Bahan Terhadap Kuat Tarik pada Proses Pembuatan Plastik Dari Ganas (Gadung Dan Serat Daun Nanas). *Jurnal Inovasi Proses*, Vol 2.

- Suryani, S., Abdullah, N. A., Akib, N. I., Ruslin, R., Ramadhan, L. O. A. N., Anton, A., & Aswan, M. (2023). Optimasi Depolimerisasi Kitosan Menggunakan Asam Asetat dengan Variasi Suhu, Waktu, dan Konsentrasi. *Jurnal Mandala Pharmaccon Indonesia*, 9(2).
- Zamroni BFA, M., & Ana, D. A. (2020). Optimalisasi Pemanfaatan Nasi Aking Menjadi Plastik *Biodegradable* untuk Mengembangkan Budaya *Eco Green* pada Masyarakat di Kelurahan Mojolangu Kota Malang.
- Zidni azizati. (2019). Pembuatan Dan Karakterisasi Kitosan Kulit Udang Galah. *Journal of Chemistry*, vol 2. Nomor 10-16.



LAMPIRAN A

Lampiran 1: menghitung % daya serap air

1. Plastik *Biodegradable* dengan kitosan 1,5 gr dan 1 mL gliserol

$$\text{Berat awal} = 0,1286$$

$$\text{Berat akhir} = 0,2126$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya serap air} &= \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,2126 - 0,1286}{0,1286} \times 100 \\ &= 65,32\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ketahanan air} &= 100 - \text{Daya serap air} \\ &= 34,68\%\end{aligned}$$

2. Plastik *Biodegradable* dengan kitosan 3 gr dan 2 mL gliserol

$$\text{Berat awal} = 0,1775$$

$$\text{Berat akhir} = 0,2431$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya serap air} &= \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,2431 - 0,1775}{0,1775} \times 100 \\ &= 36,96\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ketahanan air} &= 100 - \text{Daya serap air} \\ &= 63,04\%\end{aligned}$$

3. Plastik *Biodegradable* dengan kitosan 4,5 gr dan 3 mL gliserol

$$\text{Berat awal} = 0,2212$$

$$\text{Berat akhir} = 0,2024$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned}\text{Daya serap air} &= \frac{\text{Berat akhir} - \text{Berat awal}}{\text{berat awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,2024 - 0,2212}{0,2212} \times 100\end{aligned}$$

$$= 14,47 \%$$

$$\text{Ketahanan air} = 100 - \text{Daya serap air}$$

$$= 85,53 \%$$

Lampiran 2 menghitung % *biodegradable*

1. Plastik *biodegradable* dengan 1, 5 gr kitosan dan 1 mL gliserol

a. Setelah ditanam selama 13 hari

$$\text{Berat awal} = 0,1868$$

$$\text{Berat akhir} = 0,0035$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,1868 - 0,0035}{0,1868} \times 100 \\ &= 98,12\% \end{aligned}$$

b. Setelah ditanam selama 13 hari

$$\text{Berat awal} = 0,2107$$

$$\text{Berat akhir} = 0,0124$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,2107 - 0,0124}{0,2107} \times 100 \\ &= 98,12\% \end{aligned}$$

c. Setelah ditanam selama 13 hari

$$\text{Berat awal} = 0,3714$$

$$\text{Berat akhir} = 0,1612$$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \text{Biodegradability} &= \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100 \\ &= \frac{0,3714 - 0,1612}{0,3714} \times 100 \\ &= 56,59 \% \end{aligned}$$

Lampiran 2 menghitung Uji mekanik

1. perhitungan kekuatan tarik

nilai perhitungan tegangan tarik dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = tegangan tarik (Mpa)

A= Luas penampang (mm²)

F = Gaya (N)

$$1) \quad \sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{2,1354}{2,6} = 0,8213 \text{ MPa}$$

$$2) \quad \sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{6,8022}{3,6} = 1,8895 \text{ MPa}$$

$$3) \quad \sigma = \frac{\text{Gaya}}{\text{Luas Penampang}} = \frac{8,2980}{6,2} = 1,3383 \text{ MPa}$$

2. Perhitungan regangan atau elongasi

Nilai perhitungan regangan atau elongasi dapat dilakukan dengan cara menggunakan persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100\%$$

Keterangan:

ε = Persen elongasi (%)

L0 = panjang awal benda uji (m)

L1 = panjang akhir benda uji (m)

$$\begin{aligned} 1) \quad \varepsilon &= \frac{\text{panjang akhir}}{\text{panjang awal}} \times 100\% \\ &= \frac{9 - 4,85}{9} \times 100\% \\ &= 53\% \end{aligned}$$

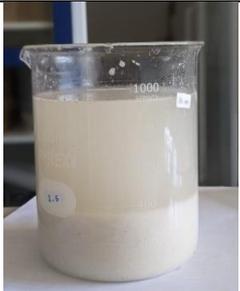
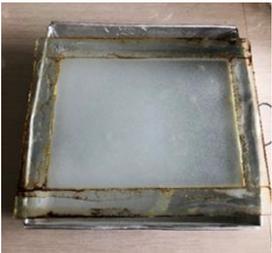
$$\begin{aligned} 2) \quad \varepsilon &= \frac{\text{panjang akhir}}{\text{panjang awal}} \times 100\% \\ &= \frac{9 - 8,69}{9} \times 100\% \\ &= 96\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3) \quad \varepsilon &= \frac{\text{panjang akhir}}{\text{panjang awal}} \times 100\% \\ &= \frac{9-12,22}{9} \times 100\% \\ &= 135\% \end{aligned}$$

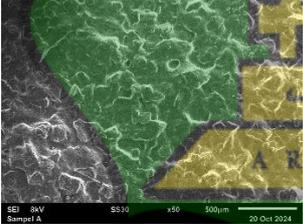
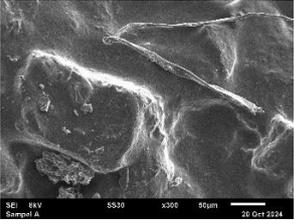


LAMPIRAN B

No	Foto	Keterangan
1		<p style="text-align: center;">Sisa Nasi di rumah makan</p>
2		<p style="text-align: center;">Proses Pengeringan Nasi</p>
3		<p style="text-align: center;">Proses penghalusan nasi aking menggunakan blender</p>
4		

		Pati basah
5		Pati setelah di jemur dan di saring
6		Pembuatan larutan pati
7		Pembuatan larutan asam asetat
8		Larutan pati dan kitosan dihomogenkan
9		Pencetakan larutan plastik <i>biodegradable</i>

10		Proses pengeringan plastik <i>biodegradable</i>
11		Pengupasan sampel yang sudah kering 1
12		Hasil flm bioplastik dari variasi A
13		Hasil flm bioplastik dari variasi B
14		Hasil flm bioplastik dari variasi B
15		

		pengujian daya tarik dan elongasi pada plastik <i>biodegradable</i>
16		Pengujian untuk daya serap air (<i>swelling</i>) pada plastik <i>biodegradable</i>
17		Pengujian untuk melihat seberapa lama proses terdegradasi plastik <i>biodegradable</i>
18		Hasil uji SEM dengan skala pembesaran $\times 50$
19		Hasil uji SEM dengan skala pembesaran $\times 300$