



REVIEW: OPTIMASI *PLASTICIZER* UNTUK PENINGKATAN KINERJA BIOPLASTIK BERBASIS KITOSAN

Eka Cahya Muliawati¹, Ayu Pupu², Setiya Eko Nurkaswoto³, Yudistira Kusferianto⁴, Moch. Agil Soeharja⁵, Hasibur Rasyid Juniawan⁶, dan Alfonsius Firman Amsalino⁷

Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya

email: ekacahya@itats.ac.id

ABSTRAK

Limbah plastik menjadi salah satu isu lingkungan terbesar dunia modern, karena sifat plastik konvensional yang sulit terurai. Penelitian ini mengulas potensi pembuatan plastik *biodegradable* dari berbagai macam kombinasi kitosan dari limbah kulit udang dengan bahan lainnya. Kombinasi ini bertujuan untuk meningkatkan sifat mekanik, biodegradabilitas, dan ketahanan kelembapan plastik. Metode review literatur digunakan untuk mengidentifikasi formulasi terbaik melalui analisis bahan, metode, dan hasil pengujian dari berbagai penelitian. Penelitian yang menunjukkan hasil uji terbaik pada kombinasi kitin dan gliserol yang memiliki nilai kuat tarik 38 Mpa, % elongasi 30%, dan lama degradasi 25 hari. Hasil menunjukkan bahwa kitosan mampu meningkatkan kekuatan tarik dan mempercepat biodegradasi plastik. Tantangan seperti rendahnya fleksibilitas plastik tetap memerlukan optimasi formulasi, termasuk penambahan *plasticizer* dari gliserol. Kajian ini memberikan wawasan komprehensif tentang potensi bioplastik berbasis sumber daya lokal Indonesia sebagai alternatif plastik konvensional.

Kata kunci: *biodegradable*, kitosan, dan *plasticizer*

PENDAHULUAN

Permasalahan limbah plastik menjadi salah satu tantangan terbesar yang dihadapi dunia modern saat ini. Plastik konvensional, yang umumnya berbasis petrokimia, membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk terurai di lingkungan. Penggunaan plastik di Indonesia masih sangat tinggi, terutama dalam aktivitas sehari-hari. Plastik dipilih karena sifatnya yang praktis, mudah diperoleh, dan tahan lama. Sebagian besar limbah plastik akhirnya mencemari laut, dengan proporsi sekitar 60-80% dibandingkan limbah kaca, logam, gelas, dan kertas[1]. Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi masalah ini, salah satunya adalah pengembangan plastik *biodegradable*, yaitu plastik yang dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme dalam waktu yang relatif singkat.

Salah satu bahan alami yang berpotensi mendukung pengembangan plastik *biodegradable* adalah kitosan. Kitosan tergolong polisakarida alami dengan sifat biodegradabilitas dan kompatibilitas yang baik dengan pati. Kitosan berasal dari limbah kulit udang menjadi salah satu bahan pengisi yang potensial untuk diaplikasikan dalam plastik *biodegradable*[2]. Kitosan merupakan turunan kitin yang bersifat hidrofobik [3]. Pemanfaatan kitosan tidak hanya memberikan nilai tambah pada limbah perikanan, tetapi juga membantu mengurangi pencemaran lingkungan. Kombinasi kitosan dengan pati dan bahan lainnya diharapkan dapat menghasilkan plastik *biodegradable* dengan sifat mekanik yang lebih baik. Pati dalam pembuatan plastik *biodegradable* memiliki keterbatasan, seperti sifat mekanik

yang kurang baik, mudah menyerap air, dan daya tahan yang rendah terhadap kelembapan [2]. Oleh karena itu, diperlukan penambahan bahan pengisi untuk meningkatkan kualitas plastik berbasis pati seperti kitosan.

Berbagai jenis pati, seperti pati biji alpukat, pati jagung dan pati umbi-umbian memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat memengaruhi sifat akhir plastik yang dihasilkan. Penelitian tentang kombinasi berbagai macam pati dengan kitosan sebagai bahan pengisi menjadi penting untuk menentukan formulasi terbaik yang menghasilkan plastik dengan performa optimal. Oleh karena itu, *review* ini bertujuan untuk mengkaji berbagai penelitian terkait pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar berbagai macam pati dengan bahan pengisi kitosan dari kulit udang. Fokus utama meliputi analisis formulasi, karakteristik fisik dan mekanik plastik. Kajian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi pengembangan plastik *biodegradable* yang lebih ramah lingkungan dan aplikatif di masa mendatang.

Biodegradable Plastik

Biodegradable plastik merupakan jenis plastik yang dapat terurai secara alami melalui aktivitas mikroorganisme, sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan plastik konvensional. Jenis plastik ini umumnya berasal dari bahan yang dapat diperbarui, seperti pati, selulosa, atau asam polilaktat. Salah satu potensi bahan dasar yang menarik adalah pati yang melimpah di Indonesia. Untuk meningkatkan karakteristik mekanis dan fungsionalitasnya dapat dikombinasikan dengan kitosan yang berasal dari limbah kulit udang dapat digunakan. Keunggulan utama plastik *biodegradable* ini adalah kemampuannya untuk mengurangi akumulasi limbah plastik yang sulit terurai sehingga dapat mengatasi permasalahan lingkungan global [4].

Kitosan

Kitosan tergolong biopolimer dari proses deasetilasi kitin yang terdapat pada eksoskeleton krustasea cangkang udang [5]. Material ini dikenal memiliki berbagai keunggulan, seperti sifat antimikroba, biodegradabilitas, dan kompatibilitas tinggi dengan berbagai bahan lain, sehingga menjadikannya bahan pengisi yang ideal dalam pembuatan bioplastik. Sebagai bahan pengisi, kitosan mampu meningkatkan sifat mekanik, seperti kekuatan tarik dan elastisitas, serta menambah stabilitas termal dan ketahanan terhadap kelembapan [6]. Di Indonesia, potensi penggunaan kitosan sangat besar karena melimpahnya limbah kulit udang yang belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan pemanfaatan kitosan dapat menjadi solusi sumber bahan baku pembuatan plastik ramah lingkungan dengan performa yang unggul.

Pati

Penggunaan pati sebagai bahan dalam pembuatan plastik *biodegradable* menjadi alternatif ramah lingkungan untuk menggantikan plastik konvensional. Indonesia memiliki sumber pati yang melimpah dan beragam, seperti sagu, jagung, ubi kayu, serta ubi jalar. Sehingga menjadi peluang besar dalam mengembangkan plastik berbahan dasar alami. Bahan ini memiliki sifat termoplastik. Namun, dalam penggunaannya, pati memiliki beberapa keterbatasan, seperti sifat mekanik yang kurang baik dan kerentanannya terhadap kelembapan. Hal ini menyebabkan bioplastik dari pati cenderung rapuh dan kurang stabil dalam kondisi tertentu. Untuk mengatasi kendala ini, kombinasi dengan bahan lain, seperti kitosan yang diekstraksi dari kulit udang, menjadi salah satu solusi efektif [2].

Plasticizer

Plasticizer menjadi komponen penting dalam pengembangan bioplastik yang meningkatkan fleksibilitas, memperlemah kekakuan dan mengurangi sifat rapuh bahan baku

[7]. Penggunaan *plasticizer* memberikan peningkatan kompatibilitas antara matriks pati dan bahan pengisi. Hal ini disebabkan *plasticizer* bertindak sebagai agen perantara yang dapat meningkatkan kohesi antar komponen dalam formulasi bioplastik. Dengan penambahan *plasticizer*, bioplastik yang dihasilkan cenderung memiliki struktur yang lebih homogen, fleksibel, dan ramah lingkungan. Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk mengevaluasi konsentrasi optimal *plasticizer*, seperti gliserol dan sorbitol. Dalam kombinasi dengan kitosan dari kulit udang untuk menghasilkan bioplastik dengan performa terbaik dalam berbagai aplikasi.

Uji Kuat Tarik

Proses pengujian kuat tarik berfungsi untuk mengukur kemampuan material plastik dalam menahan gaya tarik sebelum mengalami deformasi permanen atau patah. Uji ini memberikan informasi penting tentang sifat mekanik plastik, seperti kekuatan, elastisitas, dan batas regangannya. Berdasarkan Nilai kuat tarik dirumuskan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad [8]$$

Dimana:

σ = tegangan tarik (N/mm²)

F = gaya yang dihasilkan (N)

A = luas alas (mm²)

Uji Elongasi

Analisa uji elongasi merupakan pengujian untuk mengukur kemampuan suatu material, seperti plastik, logam, atau karet, untuk meregang atau memanjang di bawah tegangan tarik sebelum akhirnya putus. Hasil pengujian elongasi memberikan informasi penting tentang elastisitas dan ketangguhan material. Nilai elongasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Elongasi (\%)} = \frac{I - I_0}{I_0} \times 100\% \quad [8]$$

Dimana:

I = panjang akhir (mm)

I₀ = panjang awal (mm)

Uji Biodegradasi

Uji Biodegradasi merupakan proses pengujian untuk menentukan sejauh mana suatu bahan, terutama bahan organik, dapat terurai secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, atau organisme lain di lingkungan. Uji ini penting untuk menilai dampak lingkungan dari suatu produk, khususnya dalam konteks limbah, plastik, dan bahan kimia. Nilai biodegradasi dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Biodegradasi (\%)} = \frac{W_0 - W_1}{W} \times 100\% \quad [8]$$

Dimana:

W₁ = berat akhir bahan (gram)

W₀ = berat awal bahan (gram)

PROSEDUR EKSPERIMEN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan studi literatur (*literature review*) untuk mengkajiberbagai hasil penelitian yang relevan mengenai pembuatan *biodegradable* plastik dari bahan dasar berbagai macam pati dengan bahan pengisi kitosan dari kulit udang. Data dikumpulkan melalui penelusuran jurnal-jurnal ilmiah yang diterbitkan dalam kurun waktu tertentu, terutama dari sumber terpercaya seperti *Science Direct*, *Springer*, *ResearchGate*, dan database akademik lainnya. Tahapan penelitian meliputi:

1. Penentuan Kriteria Literatur
2. Pengumpulan Data
3. Analisis Data

Data dianalisis dengan cara membandingkan metode, material, dan hasil dari berbagai penelitian untuk menemukan pola, kelebihan, kekurangan, serta potensi pengembangan dari teknologi bioplastik berbasis kitosan dengan *plasticizer*. Hasil studi literatur ini diharapkan memberikan gambaran yang komprehensif tentang metode, tantangan, dan prospek pengembangan *biodegradable* plastik berbasis pati dengan kitosan dari kulit udang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan bioplastik dengan bahan baku kitosan kulit udang. Kitosan memiliki sifat yang kompatibel, *biodegradable*, dan non-toksik. Bahan ini banyak digunakan sebagai pengisi yang ditujukan agar bioplastik memiliki nilai kuat tarik yang baik. Metode pembuatan bioplastik berbasis kitosan melibatkan serangkaian langkah utama yang mencakup sintesis bahan baku, pembuatan larutan campuran, pencetakan *film bioplastic* dan pengeringan. Penambahan *plasticizer* seperti sorbitol dan gliserol ke dalam campuran untuk meningkatkan fleksibilitas bioplastik. Beberapa penelitian menggunakan teknologi canggih seperti ultrasonikasi untuk menghasilkan nano-kitosan, meningkatkan homogenitas dan sifat mekanik bioplastik yang dihasilkan. Setelah homogen, larutan dituangkan ke dalam cetakan dan dikeringkan menggunakan oven atau bantuan sinar matahari. Berikut, adalah tabel data yang berisi informasi bahan baku, metode pembuatan *biodegradable* plastik dan hasil analisa yang dijadikan sebagai literatur penelitian:

Tabel 1. *Review* Hasil Uji Kuat Tarik, % Elongasi, dan Biodegradasi dalam Pembuatan *Biodegradable* Plastik

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
1	Kitosan, pati singkong karet, selulosa darikertas koran, dan sorbitol.	Interkalasi leleh, Pencampuran,Pencetakan Pengeringan	15,72	[9]
2.	Kitosan, pati batang umbut kelapa sawit, alginat, dan gliserol.	Pencampuran ,Pencetakan dan Pengeringan.	0,94	[10]
3.	Kulit udang, pektin pepaya, <i>aquadest</i> , asam klorida, asam asetat 1%, NaOH, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	0,392	[11]

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
4.	Kitosan, pati porang, gliserol, dan sorbitol.	Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	0,634	[7]
5.	Kulit Udang, Pelepah nipah, HCl, NaOH, Aquades, H ₂ O ₂ , H ₂ SO ₄	Sintesis nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	27,12	[12]
6.	Kitosan Udang Windu, Karagenan, Asam Asetat, Pemlastis Polietilen Glikol.	Pelarutan semua bahan, Sentrifugasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	39,3± 5.79	[13]
7.	Limbah Nasi, Kitosan, dan Plasticizer Gliserol	Penghalusan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	6,689	[14]
8.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, dan Asam Asetat	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	5,716	[15]
9.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, Selulosa Asetat	Sintesis dan Pemurnian Selulosa Asetat dalam Serat Kapuk, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	0,845	[16]
10.	Kulit udang, NaOH, HCl, dan H ₂ SO ₄ .	Demineralisasi, Deastilasi kitin menjadi Kitosan, Deproteinasi, Pelapisan dengan Adatif Asap Cair, Pelarutan hingga homogen.	-	[17]
11.	Jerami Nangka, Asam asetat, Gliserol, Kitosan, dan Air	Ekstraksi Pati Jerami Nangka, Pelarutan, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	25,78 MPa	[18]
12	Nata de coco, Aquadest, Sorbitol, dan Kitosan	Penghalusan, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9,4395	[8]

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
13.	Nasi Aking, Sorbitol, Kitosan, Aquadest, Ekstrak Jeruk Nipis, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Jeruk Nipis, Penghalusan Nasi Aking, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	6,9	[19]
14.	Kitosan, Glycerin, air, filler, HCL 2N, aquades, asam asetat 1%, NaOH 2N.	Isolasi, Ekstraksi, <i>Centrifuge</i> , dan Pengeringan	2,12	[20]
15.	Kitosan, pucuk tebu, aquades, etanol, NaClO ₂ , HCl, Asam Asetat, dan NaOH	Ekstraksi, Eliminasi Zat Lilin, Bleaching, dan Delignifikasi.	39,2	[21]
16.	Biji alpukat (pati 80,1%), kitosan (0,5–2,5 g), gliserol (7–10 mL), asam asetat 1%, aquades 40 mL.	Ekstraksi, Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan	4	[22]
17.	Nano kitosan (0,7 µm), pati biji alpukat, gliserol, sodium metabisulfite, asam asetat, air distilasi.	Sintesis Sonifikasi, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[23]
18.	Pati jagung, kitosan (0,5 1,5%), gliserol, NaOH, HCl.	Pemanasan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	15,9	[24]
19.	Pati jagung (2,5–10% berat), kitosan (0–20% berat), gliserol (40–80% berat), asam asetat 1%, air distilasi	Pencampuran, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan	5,19	[25]
20.	Sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, <i>aquadest</i> , HCl 5%, minyak jelantah, KOH, Kitosan dan Asam Asetat 1%	Pencampuran Gliserol (Penyaringan, Pemanasan, dan Pengadukan Minyak Jelantah) dan Selulosa (Hidrolisis Sekam Padi), Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[26]
21.	Limbah Kulit Udang, NaOH, Asam Klorida, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Kulit Udang Menjadi Kitin, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[27]

No	Bahan	Metode	Kuat Tarik	Pustaka
22.	Limbah Udang, Asam Asetat Glasial, Pati Jagung, Minyak Jarak, dan Air Suling	Ekstraksi Kitosan Kulit Udang, Gelatinasi Pati Jagung, Pencampuran Kitosan, Pati Jagung, dan Minyak Jarak, Pemanasan, Pencetakan, Pengeringan.	5,88	[28]
23.	Kulit Udang, Kulit Durian, Air Suling, <i>Nutrient Agar</i> , Kaldu Nutrisi, Isolat Bakteri, NaOH, HCl, Aseton, Natrium Sulfit, Hidrogen Peroksida, Gliserol, NaCl, dan Asam Asetat.	Sintesis Kitosan, Sintesis Selulosa, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	14,85	[29]
24.	Kulit udang, Dedak Padi, Kitin murni, Pati singkong, Gliserol, Akuades, Air Demineralisasi, HCl, NaOH, Reagen Iodin.	Ekstraksi Kulit Udang, Pencampuran, Pemanasan, Pendinginan, Pengeringan, Ekstraksi Dedak Padi, Pencampuran, Pemanasan, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	0,062	[30]
25	Asam trifluoroasetat (TFA), trifluoroasetat anhidrida (TFAA), gliserol, kitin, radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH $\cdot$), dan etanol, minyak jarak, toluena, dan heptana.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan,	38	[31]
26	Ubi jalar putih, Kitosan, Plasticizer gliserol, Asam asetat 1%, dan Aquadest	Ekstraksi, Gelatinisasi, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[32]
27	Beras merah, beras putih, beras hitam, beras ketan hitam, beras ketan putih, aquadest, kitosan, cangkang udang, asam sitrat 3%, gliserol, dan kasein.	Ekstraksi pati, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	0,689	[33]
28.	Kitosan, tepung agar, sorbitol, asam asetat 1%, akuades, campuran tanah dan sekam padi.	Sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan.	18,83 $\pm$ 2,93	[34]
29.	Karagenan <i>Eucheuma Cottoni</i> , <i>Pulp</i> Batang Sorgum, H ₂ O ₂ , NaOH, Gliserol, aquades, EM4	Sintesis Nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9,132	[35]
30.	Ampas Tebu, DMAc, Sorbitol, Asam Asetat Glasial 98%, kitosan, aquadest, H ₂ PO ₄ , H ₂ O ₂ , NaOH, NaOCl, etil eter, tanah kompos.	Sintesis Selulosa, Sintesis Selulosa Asetat, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	6,309	[36]

Tabel 2. Review Hasil Uji % Elongasi Biodegradable Plastik

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
1	Kitosan, pati singkong karet, selulosa darikertas koran, dan sorbitol.	Interkalasi leleh, Pencampuran,Pencetakan Pengeringan	29,76%;	[9]
2.	Kitosan, pati batang umbut kelapa sawit, alginat, dan gliserol.	Pencampuran ,Pencetakan dan Pengeringan.	31,58	[10]
3.	Kulit udang, pektin pepaya, <i>aquadest</i> , asam klorida, asam asetat 1%, NaOH, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	9,5	[11]
4.	Kitosan, pati porang, gliserol, dan sorbitol.	Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	96,96	[7]
5.	Kulit Udang, Pelepah nipah, HCl, NaOH, Aquades, H ₂ O ₂ , H ₂ SO ₄	Sintesis nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9	[12]
6.	Kitosan Udang Windu, Karagenan, Asam Asetat, Pemlastis Polietilen Glikol.	Pelarutan semua bahan, Sentrifugasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	18,50a ± 1,13	[13]
7.	Limbah Nasi, Kitosan, dan Plasticizer Gliserol	Penghalusan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	6	[14]
8.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, dan Asam Asetat	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	22,1	[15]
9.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, Selulosa Asetat	Sintesis dan Pemurnian Selulosa Asetat dalam Serat Kapuk, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	1,75	[16]

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
10.	Kulit udang, NaOH, HCl, dan H ₂ SO ₄ .	Demineralisasi, Deastilasi kitin menjadi Kitosan, Deproteinasi, Pelapisan dengan Adatif Asap Cair, Pelarutan hingga homogen.	-	[17]
11.	Jerami Nangka, Asam asetat, Gliserol, Kitosan, dan Air	Ekstraksi Pati Jerami Nangka, Pelarutan, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	17,51%	[18]
12	Nata de coco, Aquadest, Sorbitol, dan Kitosan	Penghalusan, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	12	[8]
13.	Nasi Aking, Sorbitol, Kitosan, Aquadest, Ekstrak Jeruk Nipis, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Jeruk Nipis, Penghalusan Nasi Aking, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	19,85	[19]
14.	Kitosan, Glycerin, air, filler, HCL 2N, aquades, asam asetat 1%, NaOH 2 N.	Isolasi, Ekstraksi, <i>Centrifuge</i> , dan Pengeringan	1,7	[20]
15.	Kitosan, pucuk tebu, aquades, etanol, NaClO ₂ , HCl, Asam Asetat, dan NaOH	Ekstraksi, Eliminasi Zat Lilin, Bleaching, dan Delignifikasi.	17,32	[21]
16.	Biji alpukat (pati 80,1%), kitosan (0,5–2,5 g), gliserol (7–10 mL), asam asetat 1%, aquades 40 mL.	Ekstraksi, Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan	54,5	[22]
17.	Nano kitosan (0,7 µm), pati biji alpukat, gliserol, sodium metabisulfite, asam asetat, air distilasi.	Sintesis Sonifikasi, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[23]
18.	Pati jagung, kitosan (0,5 1,5%), gliserol, NaOH, HCl.	Pemanasan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	17,4%	[24]

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
19.	Pati jagung (2,5–10% berat), kitosan (0–20% berat), gliserol (40–80% berat), asam asetat 1%, air distilasi	Pencampuran, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan	44,6	[25]
20.	Sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, <i>aquadest</i> , HCl 5%, minyak jelantah, KOH, Kitosan dan Asam Asetat 1%	Pencampuran Gliserol (Penyaringan, Pemanasan, dan Pengadukan Minyak Jelantah) dan Selulosa (Hidrolisis Sekam Padi), Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[26]
21.	Limbah Kulit Udang, NaOH, Asam Klorida, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Kulit Udang Menjadi Kitin, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[27]
22.	Limbah Udang, Asam Asetat Glasial, Pati Jagung, Minyak Jarak, dan Air Suling	Ekstraksi Kitosan Kulit Udang, Gelatinasi Pati Jagung, Pencampuran Kitosan, Pati Jagung, dan Minyak Jarak, Pemanasan, Pencetakan, Pengeringan.	10,4	[28]
23.	Kulit Udang, Kulit Durian, Air Suling, <i>Nutrient Agar</i> , Kaldu Nutrisi, Isolat Bakteri, NaOH, HCl, Aseton, Natrium Sulfat, Hidrogen Peroksida, Gliserol, NaCl, dan Asam Asetat.	Sintesis Kitosan, Sintesis Selulosa, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	4,81	[29]
24.	Kulit udang, Dedak Padi, Kitin murni, Pati singkong, Gliserol, Akuades, Air Demineralisasi, HCl, NaOH, Reagen Iodin.	Ekstraksi Kulit Udang, Pencampuran, Pemanasan, Pendinginan, Pengeringan, Ekstraksi Dedak Padi, Pencampuran, Pemanasan, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[30]
25	Asam trifluoroasetat (TFA), trifluoroasetat anhidrida (TFAA), gliserol, kitin, radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH $\cdot$), dan etanol, minyak jarak, toluena, dan heptana.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan,	30	[31]
26	Ubi jalar putih, Kitosan, Plasticizer gliserol, Asam asetat 1%, dan <i>Aquadest</i>	Ekstraksi, Gelatinisasi, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[32]
27	Beras merah, beras putih, beras hitam, beras ketan hitam, beras ketan putih, <i>aquadest</i> , kitosan, cangkang udang, asam sitrat 3%, gliserol, dan kasein.	Ekstraksi pati, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	85	[33]

No	Bahan	Metode	%Elongasi	Pustaka
28.	Kitosan, tepung agar, sorbitol, asam asetat 1%, akuades, campuran tanah dan sekam padi.	Sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan.	95,89±12,62	[34]
29.	Karagenan <i>Eucheuma Cottoni</i> , Pulp Batang Sorgum, H ₂ O ₂ , NaOH, Gliserol, aquades, EM4	Sintesis Nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	64,625	[35]
30.	Ampas Tebu, DMAc, Sorbitol, Asam Asetat Glasial 98%, kitosan, aquadest, H ₂ PO ₄ , H ₂ O ₂ , NaOH, NaOCl, etil eter, tanah kompos.	Sintesis Selulosa , Sintesis Selulosa Asetat, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	19,9379	[36]

Tabel 3. Review Hasil Uji % Biodegradasi *Biodegradable* Plastik

No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
1	Kitosan, pati singkong karet, selulosa darikertas koran, dan sorbitol.	Interkalasi leleh, Pencampuran,Pencetakan Pengeringan	32,74% dalam 5 minggu.	[9]
2.	Kitosan, pati batang umbut kelapa sawit, alginat, dan gliserol.	Pencampuran ,Pencetakan dan Pengeringan.	-	[10]
3.	Kulit udang, pektin pepaya, aquadest, asam klorida, asam asetat 1%, NaOH, dan gliserol.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	84,12% dalam 14 hari	[11]
4.	Kitosan, pati porang, gliserol, dan sorbitol.	Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	46,89% dalam 4 hari	[7]
5.	Kulit Udang, Pelepah nipah, HCl, NaOH, Aquades, H ₂ O ₂ , H ₂ SO ₄	Sintesis nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	4 hari	[12]

No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
6.	Kitosan Udang Windu, Karagenan, Asam Asetat, Pemplastis Polietilen Glikol.	Pelarutan semua bahan, Sentrifugasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	10 hari	[13]
7.	Limbah Nasi, Kitosan, dan Plasticizer Gliserol	Penghalusan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	3 hari	[14]
8.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, dan Asam Asetat	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	45 hari	[15]
9.	Nasi aking, Kitosan, Sorbitol, Selulosa Asetat	Sintesis dan Pemurnian Selulosa Asetat dalam Serat Kapuk, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	4 hari (39%)	[16]
10.	Kulit udang, NaOH, HCl, dan H ₂ SO ₄ .	Demineralisasi, Deastilasi kitin menjadi Kitosan, Deproteinasi, Pelapisan dengan Adatif Asap Cair, Pelarutan hingga homogen.	7 hari	[17]
11.	Jerami Nangka, Asam asetat, Gliserol, Kitosan, dan Air	Ekstraksi Pati Jerami Nangka, Pelarutan, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	23 hari	[18]
12	<i>Nata de coco</i> , Aquadest, Sorbitol, dan Kitosan	Penghalusan, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	9 hari	[8]
13.	Nasi Aking, Sorbitol, Kitosan, Aquadest, Ekstrak Jeruk Nipis, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Jeruk Nipis, Penghalusan Nasi Aking, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	14 hari	[19]
14.	Kitosan, Glycerin, air, filler, HCL 2N, aquades, asam asetat 1%, NaOH 2 N.	Isolasi, Ekstraksi, <i>Centrifuge</i> , dan Pengeringan	14 hari	[20]

No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
15.	Kitosan, pucuk tebu, aquades, etanol, NaClO ₂ , HCl, Asam Asetat, dan NaOH	Ekstraksi, Eliminasi Zat Lilin, Bleaching, dan Delignifikasi.	4 hari	[21]
16.	Biji alpukat (pati 80,1%), kitosan (0,5–2,5 g), gliserol (7–10 mL), asam asetat 1%, aquades 40 mL.	Ekstraksi, Pencampuran, Pencetakan dan Pengeringan	16 Hari	[22]
17.	Nano kitosan (0,7 µm), pati biji alpukat, gliserol, sodium metabisulfite, asam asetat, air distilasi.	Sintesis Sonifikasi, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	4 Hari	[23]
18.	Pati jagung, kitosan (0,5 1,5%), gliserol, NaOH, HCl.	Pemanasan, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[24]
19.	Pati jagung (2,5–10% berat), kitosan (0–20% berat), gliserol (40–80% berat), asam asetat 1%, air distilasi	Pencampuran, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan	28	[25]
20.	Sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, <i>aquadest</i> , HCl 5%, minyak jelantah, KOH, Kitosan dan Asam Asetat 1%	Pencampuran Gliserol (Penyaringan, Pemanasan, dan Pengadukan Minyak Jelantah) dan Selulosa (Hidrolisis Sekam Padi), Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[26]
21.	Limbah Kulit Udang, NaOH, Asam Klorida, dan Asam Asetat.	Ekstraksi Kulit Udang Menjadi Kitin, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	-	[27]
22.	Limbah Udang, Asam Asetat Glasial, Pati Jagung, Minyak Jarak, dan Air Suling	Ekstraksi Kitosan Kulit Udang, Gelatinasi Pati Jagung, Pencampuran Kitosan, Pati Jagung, dan Minyak Jarak, Pemanasan, Pencetakan, Pengeringan.	14	[28]
23.	Kulit Udang, Kulit Durian, Air Suling, <i>Nutrient Agar</i> , Kaldu Nutrisi, Isolat Bakteri, NaOH, HCl, Aseton, Natrium Sulfit, Hidrogen Peroksida, Gliserol, NaCl, dan Asam Asetat.	Sintesis Kitosan, Sintesis Selulosa, Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan.	15	[29]

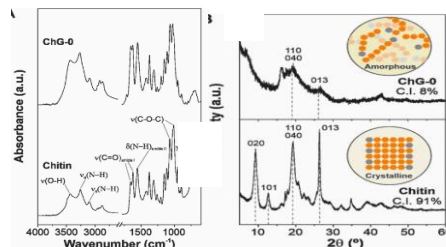
No	Bahan	Metode	Lama Degradasi	Pustaka
24.	Kulit udang, Dedak Padi, Kitin murni, Pati singkong, Gliserol, Akuades, Air Demineralisasi, HCl, NaOH, Reagen Iodin.	Ekstraksi Kulit Udang, Pencampuran, Pemanasan, Pendinginan, Pengeringan, Ekstraksi Dedak Padi, Pencampuran, Pemanasan, Gelatinisasi, Pencetakan, dan Pengeringan.	15	[30]
25	Asam trifluoroasetat (TFA), trifluoroasetat anhidrida (TFAA), gliserol, kitin, radikal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH $\dot{\gamma}$), dan etanol, minyak jarak, toluena, dan heptana.	Pencampuran, Pencetakan, dan Pengeringan,	25	[31]
26	Ubi jalar putih, Kitosan, Plasticizer gliserol, Asam asetat 1%, dan Aquadest	Ekstraksi, Gelatinisasi, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	11	[32]
27	Beras merah, beras putih, beras hitam, beras ketan hitam, beras ketan putih, aquadest, kitosan, cangkang udang, asam sitrat 3%, gliserol, dan kasein.	Ekstraksi pati, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	-	[33]
28.	Kitosan, tepung agar, sorbitol, asam asetat 1%, akuades, campuran tanah dan sekam padi.	Sintesis bioplastik berbasis agar dan kitosan.	20	[34]
29.	Karagenan <i>Eucheuma Cottoni</i> , Pulp Batang Sorgum, H ₂ O ₂ , NaOH, Gliserol, aquades, EM4	Sintesis Nanoselulosa, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan.	25	[35]
30.	Ampas Tebu, DMAc, Sorbitol, Asam Asetat Glisial 98%, kitosan, aquadest, H ₂ PO ₄ , H ₂ O ₂ , NaOH, NaOCl, etil eter, tanah kompos.	Sintesis Selulosa, Sintesis Selulosa Asetat, Pencampuran, Pemanasan, Pencetakan, dan Pengeringan	12	[36]

Sesuai tinjauan jurnal tentang bioplastik berbasis kitosan dari limbah kulit udang menunjukkan berbagai keunggulan. Kitosan, sebagai polimer alami yang diperoleh dari limbah kulit udang, menawarkan solusi yang berkelanjutan dalam pengelolaan limbah perikanan. Bioplastik berbasis kitosan memiliki biodegradabilitas yang baik, sehingga ramah lingkungan dan dapat terurai secara alami. Selain itu, kitosan memiliki sifat antimikroba, yang menjadikannya sangat cocok untuk digunakan dalam kemasan makanan. Dengan kekuatan mekanik yang tinggi, kitosan memungkinkan pembuatan bioplastik yang tahan lama. Hal ini ditunjukkan pada penelitian yang menghasilkan bioplastik kitosan dengan nilai kuat tarik 38 Mpa, elongasi 30%, dan masa degradasi 25 hari [31].

Bioplastik ini dibuat dengan melarutkan kitin dari cangkang udang menggunakan campuran asam trifluoroacetic (TFA) dan trifluoroacetic anhidride (TFAA). Gliserol

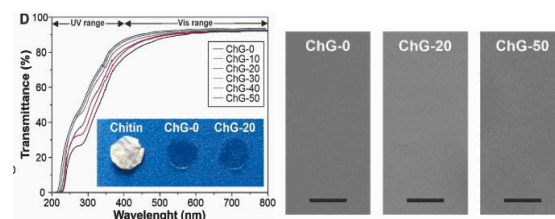
ditambahkan sebagai plasticizer, yang meningkatkan sifat mekanik dan transparansi film yang dihasilkan. Bioplastik ini menggunakan *plasticizer* gliserol yang memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan. Kelebihannya mampu meningkatkan fleksibilitas dan elastisitas bioplastik yang mengurangi kekakuan struktur molekul. Namun kekurangan bioplastik yang menggunakan *plasticizer* gliserol adalah memiliki hidrofilik gliserol yang meningkatkan penyerapan air. Hal ini menyebabkan menurunnya kekuatan mekanik dan stabilitas bioplastik di lingkungan lembap. Kadar gliserol yang berlebihan menyebabkan bioplastik menjadi terlalu lunak atau lengket sehingga diperlukan formulasi yang tepat.

Penelitian tersebut memiliki hasil karakterisasi pada spektroskopi ATR-FTIR yang menampilkan pita khas polisakarida meliputi -OH (3483 cm^{-1}), -NH (3258 dan 3102 cm^{-1}), amida I (1654 dan 1625 cm^{-1}), dan amida II (1554 cm^{-1}), dan glikosida (1068 dan 1010 cm^{-1}). Perlakuan TFA dan TFAA dalam struktur molekul polisakarida, kristalinitas kitin murni dan ChG-0 ditentukan dengan XRD. Setelah perlakuan TFA dan TFAA menunjukkan kitin murni dengan kristal tinggi, rantai polimer teratur dan berinteraksi dengan kuat. Sebaliknya, struktur ChG-0 tampak tidak teratur, dengan distribusi rantai polimer yang lebih kacau dan jumlah interaksi sekunder yang berkurang. Berikut merupakan hasil uji XRD bioplastik penelitian ini:



Gambar 1. Uji ATR-FTIR dan Pola XRD

Spektroskopi ATR-FTIR digunakan untuk mengkarakterisasi perubahan kimia yang disebabkan oleh penambahan gliserol ke kitin. Salah satu pita yang terpengaruh adalah -OH (3356 cm^{-1}) dan -CO 1037 cm^{-1} yang disebabkan adanya gugus hidroksil dalam gliserol. Selain itu pita yang terpengaruh adalah amida I ketika gliserol banyak digunakan maka intensitas amida I menjadi berkurang. Sehingga gliserol melemahkan ikatan hidrogen dan ikatan amida I. Matriks kitin yang dihasilkan menunjukkan struktur amorf, sebagaimana dikonfirmasi oleh analisis difraksi sinar-X. Perubahan struktural ini signifikan karena mempengaruhi sifat fisik bioplastik.



Gambar 2. Hasil Uji Transmittansi dan SEM

Bioplastik ini berwarna putih yang disebabkan daerah kristal dan kekasaran permukaan sehingga transparan. Spektrum UV-Vis digunakan untuk menentukan transparansi bioplastik ChG yang menunjukkan nilai sebesar 600 nm. Penambahan gliserol tidak mempengaruhi nilai tersebut ditunjukkan dari hasil ChG-0 (91%) dengan ChG-20 dan ChG-50 (92%) hanya rentang 1%. Transparansi ChG-0 mendekati EC dan lebih tinggi dari pada polimer alami yang digunakan dalam pengemasan makanan seperti HPC, karagenan, CMC,

dan CA. Morfologi bioplastik ChG dianalisis dengan SEM yang menunjukkan permukaan halus dan datar.

Biodegradabilitas bioplastik penelitian ini dinilai dipengaruhi oleh penggunaan kitin yang memiliki sifat anti jamur. Variasi ChG-0 dan ChG-20 ditumbuhi jamur pada hari ke-3. Kitin berfungsi mengganggu dinding sel jamur sehingga terjadi kematian sel. ChG-50 memiliki masa degradasi paling lama yaitu 25 hari. Melalui pengukuran kebutuhan oksigen biologis dalam air laut, mengungkapkan tingkat degradasi tinggi yang mirip dengan bahan lain yang dapat terdegradasi sepenuhnya. Aspek ini sangat penting untuk mengatasi masalah lingkungan yang terkait dengan limbah plastik.

Ide Kontribusi

Berikut adalah beberapa ide kontribusi dalam pengembangan bioplastik dengan penggunaan plasticizer terbaik adalah mengembangkan kombinasi plasticizer, seperti gliserol dan sorbitol untuk menciptakan bioplastik kitosan kulit udang yang seimbang antara fleksibilitas, kekuatan mekanik, dan ketahanan terhadap kelembapan. Kombinasi kitosan kulit udang dengan bahan plasticizer dari bahan alami, seperti minyak nabati, ekstrak tumbuhan, atau senyawa organik alami, yang lebih ramah lingkungan dan aman untuk digunakan dalam aplikasi kemasan makanan. Selain itu menggabungkan plasticizer dengan nanopartikel atau pengisi lainnya (seperti nanokarbon atau silika) untuk meningkatkan stabilitas termal dan mekanik bioplastik. Kontribusi ini dapat memajukan inovasi bioplastik yang lebih ramah lingkungan dan lebih kompetitif dibandingkan dengan plastik konvensional.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil studi literatur ini menunjukkan bahwa:

1. Penelitian terbaik bioplastik berbahan kitosan sebagai bahan pengisi efektif yang menghasilkan bioplastik dengan kekuatan tarik tertinggi 38 MPa, elongasi 30%, dan biodegradasi dalam 25 hari.
2. Penambahan gliserol dalam formulasi menghasilkan material dengan sifat mekanik optimal, stabilitas biodegradasi tinggi, dan keunggulan lingkungan.
3. Kombinasi kitosan dan gliserol meningkatkan kekuatan tarik, elastisitas, dan biodegradasi bioplastik, meskipun fleksibilitas material masih menjadi tantangan.
4. Diperlukan optimasi lebih lanjut dalam metode produksi dan pengujian aplikasi nyata untuk menjadikan bioplastik sebagai solusi berkelanjutan dalam mengurangi dampak limbah plastik.

REFERENSI

- [1] A. R. Aqilla, A. Razak, E. Barlian, N. Syah, and S. Diliarosta, "Pengaruh Sampah Plastik dalam Pencemaran Air," *Desember*, vol. 1, pp. 275–280, 2023, doi: 10.59435/gjmi.v1i6.203.
- [2] Muhammad, R. Ridara, and Masrullita, "Sintesis Bioplastik dari Pati Biji Alpukat dengan Bahan Pengisi Kitosan," *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [3] R. Syafri *et al.*, "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Sagu-Kitosan Berisi Pelepah Sawit dan Plastizier Gliserol," *Photon: Jurnal Sain dan Kesehatan*, vol. 12, no. 1, pp. 84–90, Nov. 2021, doi: 10.37859/jp.v12i1.3359.
- [4] S. Anggraini, A. M. Putra, S. F. G. Ryanto, S. F. Martahan, and I. E. D. Putra, "Design Thinking pada Perancangan Produk Eco Paving Block," *Talenta Publisher*, vol. 7, no. 1, pp. 896–900, 2024, doi: 10.32734/ee.v7i1.2290.

- [5] N. R. Suparno, A. R. Mufida, and R. M. N. Sritomo, "Potensi Penambahan Kitosan Nanopartikel Ssebagai Bahan Antibakteri Terhadap Sifat Mekanis Resin Komposit," *Jurnal Ilmu Kedokteran Gigi*, vol. 5, no. 2, pp. 1–6, Dec. 2022, doi: 10.23917/jikg.v5i2.20568.
- [6] Asjun, Asnani, and R. H. F. Faradilla, "Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemplastis Polietilen Glikol," *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, vol. 7, no. 1, pp. 50–62, 2023, doi: 10.33772/jsipi.v7i1.214.
- [7] A. Maghfirah, Sudiati, S. N. K. Br Sitepu, and M. W. Siambaton, "The Effect of Using a Combination of Sorbitol and Glycerol Plasticizers on The Characterization of Edible Film from Porang (*Amorphophallus oncophyllus*) Starch," *Journal of Technomaterial Physics*, vol. 5, no. 2, pp. 86–92, Aug. 2023, doi: 10.32734/jotp.v5i2.12397.
- [8] A. Melani, Robiah, and I. M. Siahaan, "BIOPLASTIC FROM NATA DE COCO USING THE MELT INTERCALATION METHOD (STUDY OF THE EFFECT OF VARIATION FILLER TYPES AND CONSENTRATION FILLER)," *Jurnal Teknik Patra Akademika*, vol. 15, no. 01, pp. 34–44, 2024.
- [9] A. P. Dewi, A. Mardhiyana, R. Manfaati, and U. Leoanggraini, "The Effect of Additional Chitosan and Cellulose on The Performance of Bioplastic from Manihot Glaziovii Starch," *Fluida*, vol. 16, no. 1, pp. 36–42, May 2023, doi: 10.35313/fluida.v16i1.4394.
- [10] M. I. Kodil, Ngatirah, and M. Syaflan, "Biodegradable Plastic Pati Umbut Batang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* dengan Penambahan Alginat dan Kitosan Kulit Udang," *Jurnal Agro Tekno SE..*
- [11] N. M. Pribadi, P. M. Pramesti, and N. W. Kindriari, "Edible Film dari Pektin Kulit Pepaya dan Kitosan dari Kulit Udang Sebagai Pelapis Makanan," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 1, pp. 1–5, 2022.
- [12] A. Kristiningsih, K. Wittriansyah, H. D. Hastuti, and J. Sodikin, "Karakteristik Fisik Bioplastik Kitosan dengan Penambahan Selulosa Kulit Nipah (*Nypa fruticans*)," *J Mar Res*, vol. 13, no. 4, pp. 721–730, Nov. 2024, doi: 10.14710/jmr.v13i4.47813.
- [13] Asjun, Asnani, and RH. F. Faradilla, "Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemplastis Polietilen Glikol," *Jurnal Sains dan Inovasi Perikanan*, vol. 7, no. 1, pp. 50–62, 2023, doi: 10.33772/jsipi.v7i1.214.
- [14] D. Lidya, A. Syakdani, I. Purnamasari, and S. R. Salsabilah, "Pembuatan Bioplastik dengan Memanfaatkan Limbah Nasi Menggunakan Variasi Kitosan dan Plasticizr Gliserol," *Journal Education and Chemistry*, vol. 5, no. 2, pp. 116–123, 2023.
- [15] M. Dani Alim, A. Karangan, Suprihatin, and A. Nandini, "Pemanfaatan Limbah Nasi Aking Pada Pembuatan Bioplastik dengan Kitosan dan Plasticizer," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 17, no. 2, pp. 111–115, 2023.
- [16] Rahmatullah *et al.*, "Effects of Chitosan on the Characteristics of Sorbitol Plasticised Cellulose Acetate/Starch Bioplastics," *Chem Eng Trans*, vol. 106, pp. 259–264, 2023, doi: 10.3303/CET23106044.
- [17] H. Ardhiansyah *et al.*, "Aplikasi Edible Coating dari Limbah Kulit Udang dengan Aditif Asap Cair untuk Kemasan Sosis Sapi Antibakteri Ramah Lingkungan," *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 13, no. 1, pp. 9–16, Mar. 2024, doi: 10.32734/jtk.v13i1.15484.
- [18] O. R. J. Qadri, F. H. Hamzah, and D. F. Ayu, "Variasi konsentrasi kitosan dalam pembuatan bioplastik berbahan baku jerami nangka," *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, vol. 17, no. 1, pp. 106–113, Feb. 2023, doi: 10.21107/agrointek.v17i1.14376.
- [19] H. S., S. Y., M. Z. B. F. A., D. A. A., and Muyassaroh, "Optimalisasi Pemanfaatan Nasi Aking Menjadi Plastik Biodegradable untuk Mengembangkan Budaya Eco Green pada Masyarakat di Kelurahan Mojolangu Kota Malang," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 18–23, 2020.
- [20] R. R. Suryani, A. Hakim, Yusrianti, S. W. Auvaria, and I. Mustika, "PENAMBAHAN CHITOSAN DAN PLASTICIZERGLYCERIN DALAM PEMBUATAN BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR EKSTRAK PROTEIN AMPAS TAHU," *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 7, no. 2, pp. 159–169, 2021.
- [21] E. Agustina, R. Purnamasari, N. F. Erfansyah, F. Andiarna, N. Lusiana, and I. Hidayati, "Pemanfaatan Limbah Pucuk Tebu sebagai Sumber Selulosa Bahan Baku Plastik

- Biodegradable,” *Biotropic The Journal of Tropical Biology*, vol. 8, no. 1, pp. 39–54, 2024, [Online]. Available: <http://jurnalsaintek.uinsby.ac.id/index.php/biotropic>
- [22] Muhammad, R. Ridara, and Masrullita, “Sintesis Bioplastik dari Pati Biji Alpukat dengan Bahan Pengisi Kitosan,” *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, vol. 9, no. 2, pp. 1–11, 2020.
- [23] Suhartini *et al.*, “SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF NANO CHITOSAN-AVOCADO SEED STARCH AS EDIBLE FILMS,” *Jurnal Kimia Riset*, vol. 8, no. 1, pp. 49–58, 2023.
- [24] D. R. Wicakso, D. Fortuna, I. A. Hernadin, Nuryoto, Y. Rumbino, and A. Damaryanti, “Characterization Of Corn Starch Edible Films by the Addition of Chitosan as a Vegetable Oil Packaging,” *Konversi*, vol. 12, no. 2, pp. 62–65, Oct. 2023, doi: 10.20527/k.v12i2.15959.
- [25] S. X. Tan *et al.*, “Characterization and Parametric Study on Mechanical Properties Enhancement in Biodegradable Chitosan-Reinforced Starch-Based Bioplastic Film,” *Polymers (Basel)*, vol. 14, no. 278, pp. 1–21, Jan. 2022, doi: 10.3390/polym14020278.
- [26] Cengristitama and G. A. Wulandari, “Variasi Penambahan Kitosan dalam Pembuatan Bioplastik dari Limbah Sekam Pado dan Minyak Jelantah,” *TEDC*, vol. 15, no. 1, pp. 8–14, 2021.
- [27] M. Faisal, A. Elhussieny, K. A. Ali, I. Samy, and N. M. Everitt, “Extraction of degradable bio polymer materials from shrimp shell wastes by two different methods,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Institute of Physics Publishing, Dec. 2018, pp. 1–11. doi: 10.1088/1757-899X/464/1/012004.
- [28] M. Mashuni, L. O. Ahmad, E. Sandalayuk, F. H. Hamid, M. Jahiding, and A. M. N. Khaeri, “Synthesis of Antibacterial and Biodegradable Bioplastic Based on Shrimp Skin Chitosan and Durian Skin Cellulose with the Microwave Assistance,” *Jurnal Kimia Valensi*, vol. 8, no. 1, pp. 113–123, 2022, doi: 10.15408/jkv.v8i1.23233.
- [29] A. R. E. Feky, M. Ismaiel, M. Yilmaz, F. M. Madkour, A. E. Nemr, and H. A. H. Ibrahim, “Biodegradable Plastic Formulated from Chitosan of Aristeus Antennatus Shells with Castor Oil as a Plasticizer Agent and Starch as a Filling Substrate,” *Nature Research*, Dec. 2024. doi: 10.1038/s41598-024-61377-9.
- [30] J. V. Setiawan, R. Adhitama, M. T. Goeltom, T. D. Askitosari, D. C. Yang, and J. Sukweenadhi, “The Potential of Rice Bran Waste (*Oryza Sativa* L.) and Shrimp Shell Waste as Chitin Nanowhisker with Glycerol Plasticizer in The Production of Bioplastic,” *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1083, no. 1, pp. 1–9, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/1083/1/012045.
- [31] J. A. Heredia-Guerrero *et al.*, “Plasticized, greaseproof chitin bioplastics with high transparency and biodegradability,” *Food Hydrocoll*, vol. 145, Dec. 2023, doi: 10.1016/j.foodhyd.2023.109072.
- [32] L. Marlina and N. T. F. Achmad, “Pengaruh Variasi Penambahan Kitosan dan Gliserol Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar,” *TEDC*, vol. 15, no. 2, pp. 125–133, 2021.
- [33] N. Pitaloka, D. A. B. Wibisono, and K. N. Wahyusi, “Karakterisasi Edible Film dari Berbagai Macam Pati Biji Beras dengan Penambahan Kitosan,” *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 16, no. 1, pp. 1–9, 2021.
- [34] S. D. Hardiningtyas, D. Winarsih, and B. Ibahim, “Efek Penambahan Sorbitol terhadap Karakteristik Film Bioplastik Berbasis Kitosan dan Agar,” *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, vol. 19, no. 1, pp. 17–26, Jun. 2024, doi: 10.15578/jpbkp.v19i1.949.
- [35] S. A. Nurhabibah and W. B. Kusumaningrum, “Karakterisasi Bioplastik dari K-Karagenan Eucheuma Cottonii Terplastisasi Berpenguat Nanoselulosa,” *Jurnal Kimia dan Kemasan*, vol. 43, no. 2, pp. 82–94, 2021, doi: 10.24817/jkk.v42i2.6808.
- [36] I. M. Z. Afidin, “Pengaruh Penambahan Kitosan dan Sorbitol Terhadap Bioplastik Berbasis Selulosa Asetat dari Ampas Tebu,” 2021.