

Potensi Kulit Pisang Kepok sebagai *Biodegradable Plastic*: Pengaruh Konsentrasi *Plasticizer* terhadap Yield Ekstrak Kulit Pisang

Achmad Hesa Maulana¹, Iqbal Tri Adhi Wicaksana², Jabosar Ronggur Hamonangan Panjaitan³, Dennis Farina Nury^{4,5*}

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Sumatera

⁵Program Studi Teknologi Proses Industri Petrokimia, Politeknik Industri Petrokimia Banten

¹achmad.119280019@student.itera.ac.id, ²iqbal.119289956@student.itera.ac.id, ³jabosar.panjaitan@tk.itera.ac.id,

^{4,5}dennis.farina@poltek-petrokimia.ac.id,

*corresponding author: dennis.farina@poltek-petrokimia.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima 1 November 2024
Direvisi 9 Desember 2024
Diterbitkan 3 Februari 2025

Kata kunci:

Bioplastik, gliserol, kulit pisang, *plasticizer*, sorbitol

ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji potensi kulit pisang kepok sebagai bahan baku untuk *biodegradable plastic* melalui analisis pengaruh variasi konsentrasi *plasticizer* (gliserol dan sorbitol) terhadap yield ekstrak pektin dan sifat mekanik bioplastik, seperti kuat tarik dan elongasi. Kulit pisang diproses menjadi bubuk, kemudian diekstraksi pektinnya menggunakan larutan HCl 7%, dengan proses pemanasan pada suhu 90–95°C selama 180 menit. Bioplastik dibuat dengan mencampur pektin, aquades, dan *plasticizer* dalam rasio 0,5:0,25; 0,5:0,5; dan 0,5:0,75, lalu dipanaskan hingga menghasilkan lembaran bioplastik. Yield tertinggi diperoleh pada rasio *plasticizer* 0,5:0,75, menunjukkan interaksi optimal antara gliserol dan sorbitol dalam meningkatkan kelarutan pektin. Sementara itu, rasio 0,5:0,25 menghasilkan kuat tarik tertinggi karena *plasticizer* pada rasio ini mampu menjaga keseimbangan antara fleksibilitas dan kekuatan mekanik jaringan polimer. Namun, variasi konsentrasi *plasticizer* yang tidak seimbang menurunkan elongasi bioplastik dan menghasilkan sifat mekanik yang kurang optimal. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemilihan jenis dan konsentrasi *plasticizer* yang tepat sangat penting untuk mendapatkan karakteristik bioplastik yang diinginkan. Pemanfaatan kulit pisang kepok sebagai bahan baku bioplastik tidak hanya meningkatkan nilai tambah limbah organik, tetapi juga memberikan solusi berkelanjutan untuk mengurangi ketergantungan pada plastik sintesis berbasis petroleum. Dengan demikian, inovasi ini berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih baik dan menciptakan alternatif kemasan ramah lingkungan.

Potential of Kepok Banana Peel as *Biodegradable Plastic*: Effect of *Plasticiser Concentration* on Banana Peel Extract Yield

ARTICLE INFO

Received November 1 2024
Revised December 9, 2024
Published February 3, 2024

Keyword:

Bioplastic, banana peel, glycerol, *plasticizer*, sorbitol

ABSTRACT

This study investigates the potential of kepok banana peel as a raw material for *biodegradable plastic* by analysing the effect of *plasticiser concentration variation* (glycerol and sorbitol) on pectin extract yield and mechanical properties of bioplastics, such as tensile strength and elongation. Banana peels were processed into powder, then pectin was extracted using 7% HCl solution, with heating process at 90-95°C for 180 minutes. Bioplastics were made by mixing pectin, distilled water, and *plasticiser* in ratios of 0.5:0.25; 0.5:0.5; and 0.5:0.75, then heated to produce bioplastic sheets. The highest yield was obtained at a *plasticiser* ratio of 0.5:0.75, indicating an optimal interaction between glycerol and sorbitol in increasing pectin solubility. Meanwhile, the 0.5:0.25 ratio produced the highest tensile strength because the *plasticiser* at this ratio was able to maintain a balance

between flexibility and mechanical strength of the polymer network. However, the unbalanced variation of plasticiser concentration decreased the elongation of bioplastics and resulted in less than optimal mechanical properties. This study concludes that the selection of the right type and concentration of plasticiser is very important to obtain the desired bioplastic characteristics. The utilisation of kepok banana peel as bioplastic raw material not only increases the added value of organic waste, but also provides a sustainable solution to reduce dependence on petroleum-based synthetic plastics. Thus, this innovation contributes to better waste management and creates an eco-friendly packaging alternative.

This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Plastik adalah bahan kemasan yang paling populer karena memiliki sifat kekuatan, fleksibilitas, dan keterjangkauannya [1]. Walaupun memiliki banyak aplikasi dalam kehidupan sehari-hari, plastik memiliki efek negatif pada lingkungan dan kesehatan. Plastik juga memakan ruang karena tidak dapat terurai secara hayati dan membutuhkan lebih dari 700 tahun untuk terurai [2].

Pembuatan biodegradable plastic diharapkan menjadi solusi penggunaan plastik sintetis sebagai bahan pembungkus atau kantong. *Biodegradable plastic* memiliki beberapa keunggulan dibandingkan plastik sintetis, di antaranya mudah terurai secara alami, proses produksinya menghasilkan emisi karbon yang lebih rendah dibandingkan pembuatan plastik berbasis petroleum, dan bioplastik lebih aman untuk digunakan sebagai kemasan makanan karena minim residu kimia berbahaya [3]. Bahan baku pembuatan bioplastik dapat berasal dari berbagai sumber alami, termasuk limbah kulit buah-buahan seperti nanas [4], pisang [1], naga [5] dan jeruk [6] yang memiliki kandungan pati atau pektin yang dapat dimanfaatkan sebagai polimer alami

Pisang menjadi salah satu komoditas hortikultura utama di Provinsi Lampung, dengan total produksi mencapai 1.123.239 ton pada tahun 2021. Angka ini menunjukkan peningkatan sebesar 3,23% dibandingkan dengan produksi pada tahun 2020 [7]. Meskipun pisang menjadi komoditas unggulan, sekitar 35-50% dari massa pisang terdiri dari kulitnya, yang sebagian besar dibuang begitu saja tanpa pemanfaatan yang berarti. Hal ini membuka peluang besar untuk memanfaatkan kulit pisang sebagai bahan baku yang bernilai tambah, terutama dalam pembuatan biopolymer plastik. Kulit pisang mengandung sekitar 3% pati, menjadikannya bahan yang layak untuk pengembangan bioplastik [8]. Bioplastik memberikan solusi untuk mengurangi dampak negatif limbah plastik konvensional terhadap lingkungan [9]. Dengan inovasi dan pemanfaatan potensi kulit pisang, bioplastik tidak hanya membantu mengurangi limbah organik, tetapi juga menciptakan alternatif yang lebih berkelanjutan dan mengurangi ketergantungan pada plastik berbasis petroleum [10]. Pengembangan bioplastik dari kulit pisang dapat berkontribusi pada pengelolaan sampah yang lebih baik, mendukung ekonomi sirkular, serta mendorong industri berkelanjutan yang memanfaatkan sumber daya lokal secara optimal.

Plasticizer merupakan komponen penting dalam formulasi bioplastik karena fungsinya dalam meningkatkan fleksibilitas, daya lentur, dan ketahanan produk akhir terhadap retak dengan cara mengurangi interaksi antar rantai polimer [11]. Pemilihan jenis dan konsentrasi *plasticizer* sangat berpengaruh pada sifat mekanik, ketahanan air, dan kestabilan bioplastik [12]. Gliserol bersifat higroskopis (mudah menyerap air) sehingga dapat meningkatkan kelembaban bioplastik. Oleh karena itu, gliserol sering dipilih untuk hasil dan karakteristik gel yang superior, sementara sorbitol dapat menjadi alternatif yang lebih ekonomis sesuai kebutuhan spesifik produk akhir pektin [13]–[15].

Penelitian ini bertujuan untuk membuat *biodegradable plastic* sebagai alternatif terhadap penggunaan plastik sintetis yang berdampak negatif pada lingkungan dengan memvariasikan *plasticizer* mengembangkan bioplastik dari limbah kulit pisang. Melalui pemilihan jenis dan konsentrasi *plasticizer*, penelitian ini juga bertujuan untuk memahami efeknya terhadap sifat kuat tarik dan elongasi yang dihasilkan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Bahan dan alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah kulit pisang kepok dari penjual gorengan di Bandar Lampung, aquades, etanol, HCl teknis, dan *plasticizer* (sorbitol dan gliserol). Alat yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, *gelas beaker*, neraca analitik, serta *Universal Testing Machine* Institut Teknologi Sumatera.

2.2. Pembuatan Bubuk Kulit Buah Pisang

Pada penelitian ini, bubuk kulit pisang kepok dibuat melalui beberapa tahapan. Pertama, kulit pisang kepok dipotong berukuran 2 cm agar memudahkan proses pengeringan. Setelah dipotong, kulit pisang dicuci bersih menggunakan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Kemudian, kulit pisang dijemur di bawah sinar matahari hingga benar-benar kering. Kulit pisang yang telah kering kemudian dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan berukuran 60 mesh.

2.3. Pembuatan *Biodegradable Plastic* Kulit Buah Pisang

Setelah bubuk kulit pisang diperoleh, langkah berikutnya adalah ekstraksi pektin. Sebanyak 5 gram bubuk dicampur dengan 500 ml larutan HCl 7% dan dipanaskan sambil diaduk pada temperatur 90-95°C selama 180 menit. Campuran ini kemudian disaring untuk memperoleh filtrat, yang didinginkan hingga temperatur ruang. Pektin dalam filtrat diendapkan dengan etanol 96% dalam perbandingan 1:1 dan didiamkan selama 48 jam. Setelah itu, filtrat disaring kembali untuk mendapatkan endapan pektin, yang dicuci dengan etanol hingga pH netral dan dikeringkan dalam oven pada temperatur 60°C selama 24 jam.

Selanjutnya, untuk membuat *biodegradable plastic*, larutkan 5 gram pektin dalam 50 ml aquades dan panaskan hingga terbentuk gel. Tambahkan gliserol dan sorbitol sebagai plasticizer dalam variasi rasio 0,5:0,25, 0,5:0,5, dan 0,5:0,75 ml. Larutan dituangkan ke loyang dan dipanaskan dalam oven pada temperatur 105°C selama 90 menit. *Biodegradable plastic* yang sudah kering kemudian ditempatkan di desikator selama satu jam untuk menurunkan kadar air.

2.4. Uji Kuat Tarik dan Elongasi

Uji kekuatan tarik serta elongasi pada *biodegradable plastic* menggunakan alat *tensile strength test*.

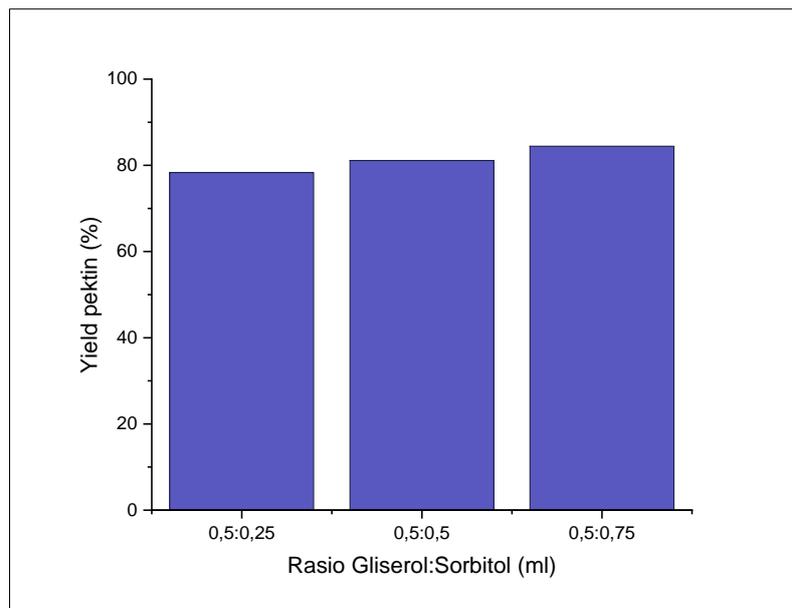
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Konsentrasi Plasticizer terhadap Yield Ekstrak Pektin Kulit Pisang

Salah satu faktor kunci yang mempengaruhi kualitas dan hasil ekstraksi pektin adalah penggunaan *plasticizer*. *Plasticizer* adalah bahan yang digunakan untuk meningkatkan kelenturan dan kelembutan bahan polimer. Penambahan *plasticizer* dalam proses ekstraksi pektin bertujuan untuk mempermudah pemisahan pektin dari kulit pisang, karena *plasticizer* dapat mengurangi kekakuan molekul pektin dan meningkatkan kelarutannya dalam pelarut [15]. Dengan demikian, konsentrasi *plasticizer* yang lebih tinggi dapat meningkatkan jumlah pektin yang terlarut dan menghasilkan yield yang lebih tinggi.

Pada umumnya, konsentrasi *plasticizer* yang lebih tinggi dapat meningkatkan proses ekstraksi dengan meningkatkan penetrasi pelarut ke dalam jaringan sel kulit pisang. Namun, penambahan *plasticizer* yang berlebihan dapat mengubah sifat fisik pektin, seperti viskositas dan kestabilannya, yang dapat mempengaruhi karakteristik akhir dari ekstrak pektin [15]. Yield dihitung berdasarkan perbandingan antara berat pektin yang dihasilkan dengan berat bahan baku yang digunakan [16].

$$Yield (\%) = \left(\frac{\text{Berat pektin yang dihasilkan}}{\text{Berat kulit pisang yang digunakan}} \right) \times 100\%$$



Gambar 1. Pengaruh rasio *plasticizer* (gliserol:sorbitol) terhadap yield pektin yang dihasilkan (%)

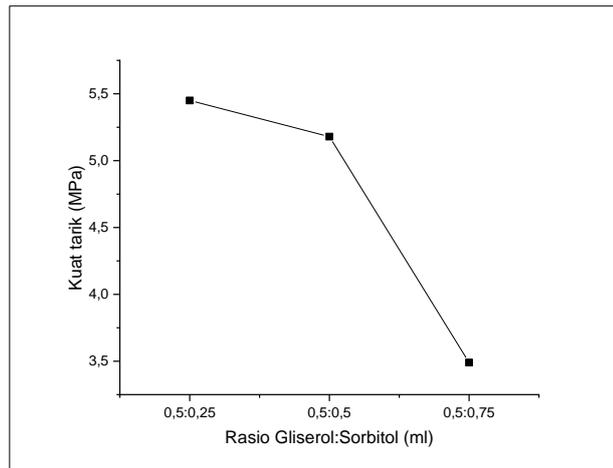
Berdasarkan Gambar 1 pada yield dari ekstrak pektin kulit pisang dengan berbagai rasio terlihat bahwa rasio 0,5:0,75 memberikan yield tertinggi. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan peran dan sifat dari gliserol dan sorbitol sebagai *plasticizer* dalam formulasi bioplastik. Pada rasio 0,5:0,75, kehadiran gliserol yang lebih rendah dibandingkan sorbitol masih cukup untuk menjaga fleksibilitas dan stabilitas ikatan dalam larutan pektin. Gliserol, sebagai triol dengan tiga gugus hidroksil, berinteraksi lebih efektif dengan molekul pektin dibandingkan sorbitol yang memiliki struktur molekul lebih besar dan hanya sebagian gugus hidroksil yang aktif [17]. Dengan perbandingan ini, sorbitol mampu memberikan viskositas dan daya ikat tanpa menghambat efektivitas gliserol dalam meningkatkan pembentukan gel dan stabilitas [14].

Rasio *plasticizer* (0,5:0,25) dan (0,5:0,5) yang tidak optimal dapat menyebabkan yield yang rendah dalam pembuatan bioplastik karena keseimbangan konsentrasi *plasticizer* yang tidak tepat. Sifat higroskopisitas gliserol yang tinggi dapat meningkatkan kadar air selama proses, yang dapat mempengaruhi stabilitas. Akibatnya, bioplastik yang dihasilkan memiliki yield dan kualitas yang kurang optimal [18]. Ketidakseimbangan dalam jumlah gliserol dan sorbitol dapat memengaruhi kelarutan bahan aktif lainnya di dalam larutan ekstraksi. Pada rasio tertentu, jika *plasticizer* tidak terdistribusi dengan baik, yield hasil ekstraksi pektin dari kulit pisang bisa berkurang.

Secara keseluruhan, yield yang rendah pada rasio (0,5:0,25) dan (0,5:0,5) mungkin disebabkan oleh interaksi *plasticizer* yang kurang optimal dalam membentuk matriks biopolimer yang stabil, distribusi yang tidak merata, atau pengaruh sifat fisik-kimia dari kedua jenis *plasticizer* yang berbeda. Optimasi rasio *plasticizer* sangat penting untuk mendapatkan bioplastik dengan karakteristik dan yield yang diinginkan.

3.2. Kuat Tarik *Biodegradable Plastic Kulit Pisang*

Kuat tarik ialah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu bahan atau sampel pada saat sebelum bahan atau sampel tersebut terputus [18]. Parameter ini menunjukkan kemampuan material untuk menahan gaya tarik tanpa mengalami kegagalan, yang berkaitan dengan daya tahan dan kekuatan struktural material tersebut. Dalam pembuatan *biodegradable plastic*, kuat tarik menunjukkan seberapa kuat bioplastik tersebut sebelum mengalami deformasi permanen atau pecah di bawah beban.



Gambar 2. Pengaruh rasio *plasticizer* (gliserol:sorbitol) terhadap kuat tarik *biodegradable* plastik yang dihasilkan (MPa)

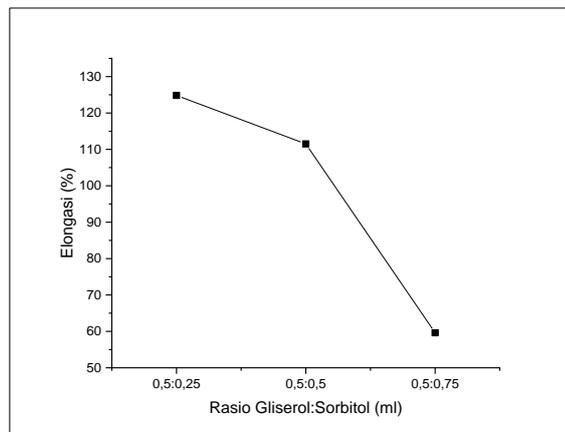
Hasil pada Gambar 2 menunjukkan bahwa rasio gliserol (0,5:0,25) menghasilkan kuat tarik tertinggi dalam pembuatan *biodegradable* plastik. Hal ini dapat dijelaskan oleh pengaruh optimal interaksi antara gliserol dan sorbitol dalam matriks polimer pada rasio tersebut. Pada rasio ini, gliserol memberikan efek *plasticizer* yang efektif, dengan meningkatkan fleksibilitas jaringan polimer namun tetap mempertahankan kekuatan mekanik [14], [18]. Konsentrasi gliserol yang dominan pada rasio 0,5 membantu meningkatkan ikatan hidrogen dan pembentukan struktur polimer yang stabil, sehingga memberikan sifat mekanik yang optimal [13].

Sorbitol, yang ada dalam jumlah lebih kecil (0,25), berperan sebagai *plasticizer* tambahan tanpa mengurangi kekuatan jaringan. Konsentrasi sorbitol yang lebih rendah ini memastikan bahwa jaringan polimer tetap kuat dan tidak menjadi terlalu rapuh. Sebaliknya, pada rasio yang lebih tinggi dari sorbitol, terdapat kemungkinan struktur menjadi terlalu lunak atau tidak seragam karena sorbitol cenderung memberikan efek pelunakan yang berlebihan pada polimer [8], [10]. Oleh karena itu, rasio gliserol yang tepat dapat mencapai keseimbangan antara fleksibilitas dan kekuatan, memberikan hasil kuat tarik yang optimal untuk *biodegradable* plastik.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi *plasticizer* yang digunakan maka nilai kuat tarik yang dihasilkan akan semakin menurun. Kemudian semakin besar konsentrasi *plasticizer* sorbitol yang digunakan maka nilai kuat tarik yang dihasilkan akan semakin menurun.

3.3. Elongasi *Biodegradable Plastic Kulit Pisang*

Titik elastisitas elongasi yang dimiliki oleh suatu material atau biasa juga disebut dengan elongasi dapat dipengaruhi oleh *plasticizer*.



Gambar 2. Pengaruh rasio *plasticizer* (gliserol:sorbitol) terhadap elongasi *biodegradable* plastik yang dihasilkan (%)

Gambar 2 menunjukkan pengaruh rasio plasticizer gliserol terhadap elongasi atau perpanjangan dari biodegradable plastik yang dihasilkan. Elongasi merupakan parameter penting dalam mengevaluasi sifat mekanik bioplastik, mencerminkan kemampuan material untuk meregang sebelum putus. Rasio *plasticizer* berpengaruh signifikan pada fleksibilitas dan elastisitas jaringan polimer bioplastik.

Rasio (0,5:0,25) memberikan nilai elongasi terbesar adanya keseimbangan yang optimal antara fleksibilitas dan kekuatan antar rantai polimer. Kombinasi gliserol dan sorbitol bertindak sebagai plasticizer yang mampu meningkatkan mobilitas rantai polimer [18]. Rasio tertentu dari gliserol, yang menghasilkan elongasi tertinggi, mencerminkan interaksi optimal antara *plasticizer* dan matriks polimer. Pada kondisi ini, gliserol memberikan kontribusi besar terhadap fleksibilitas karena sifatnya yang sangat efisien dalam menurunkan tegangan antar rantai polimer, sementara sorbitol memberikan efek penguatan tambahan, meskipun lebih lemah dibandingkan gliserol [17].

Namun, pada rasio di mana konsentrasi salah satu *plasticizer* lebih dominan, elongasi cenderung menurun. Konsentrasi gliserol yang terlalu tinggi dapat membuat struktur menjadi terlalu lunak dan kurang stabil, sedangkan konsentrasi sorbitol yang lebih tinggi dapat mengurangi fleksibilitas material karena interaksi yang berbeda dengan jaringan polimer.

Dari nilai elongasi yang didapatkan dapat dinyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, maka nilai elongasi akan semakin menurun. Dengan demikian, keseimbangan rasio antara gliserol dan sorbitol sangat penting untuk mengoptimalkan sifat mekanik dan elongasi dari biodegradable plastik yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi *plasticizer* berpengaruh signifikan terhadap yield ekstrak pektin dan sifat mekanik bioplastik dari kulit pisang kepok. Konsentrasi *plasticizer* optimal diperlukan untuk mencapai karakteristik bioplastik yang diinginkan, dengan rasio 0,5:0,75 memberikan yield ekstrak tertinggi dan rasio 0,5:0,25 menghasilkan kuat tarik terbaik. Pemanfaatan kulit pisang sebagai bioplastik memberikan solusi potensial dalam pengelolaan limbah organik dan pengurangan ketergantungan terhadap plastik sintetis, mendukung pengembangan alternatif biodegradable yang lebih ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Hoque and S. Janaswamy, "Biodegradable packaging films from banana peel fiber," *Sustain. Chem. Pharm.*, vol. 37, 2024, doi: 10.1016/j.scp.2023.101400.
- [2] P. G. C. Nayanathara Thathsarani Pilapitiya and A. S. Ratnayake, "The world of plastic waste: A review," *Clean. Mater.*, vol. 11, 2024, doi: 10.1016/j.clema.2024.100220.
- [3] M. H. Pulungan, R. A. D. Kapita, and I. A. Dewi, "Optimisation on the production of biodegradable plastic from starch and cassava peel flour using response surface methodology," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 475, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/475/1/012019.
- [4] H. Yoseph Sriyana, L. Hermawati Rahayu, and M. Ema Febriana, "Bioplastik Dari Limbah Kulit Buah Nanas Dengan Modifikasi Gliserol Dan Kitosan," *J. Inov. Tek. Kim.*, vol. 8, no. 1, pp. 40–44, 2023.
- [5] R. V. Listyarini, P. R. Susilawati, E. N. Nukung, and M. A. T. Yua, "Bioplastic from Pectin of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel," *J. Kim. Sains dan Apl.*, vol. 23, no. 6, pp. 203–208, 2020, doi: 10.14710/jksa.23.6.203-208.
- [6] H. Permata, M. Muryeti, and S. Imam, "BIOPLASTIK DARI PEKTIN KULIT JERUK MANIS (*Citrus sp.*) DENGAN PENAMBAHAN KARAGENAN, KITOSAN DAN GLISEROL," *Pros. Semin. Nas. Tetamekraf*, vol. 2, pp. 43–50, 2023.
- [7] "https://diskominfotik.lampungprov.go.id/detail-post/lampung-jadi-provinsi-dengan-produksi-buah-pisang-terbesar-kedua-di-indonesia-tahun-2023."
- [8] M. O. Ramadhan and M. N. Handayani, "The potential of food waste as bioplastic material to promote environmental sustainability: A review," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 980, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/980/1/012082.
- [9] D. F. Nury, M. Z. Luthfi, and M. P. Ramadhan, "Optimization of the drying process of edible film-based cassava starch using response surface methodology," *BIO Web Conf.*, vol. 77, 2023, doi: 10.1051/bioconf/20237701005.
- [10] N. N. Nasir and S. A. Othman, "The Physical and Mechanical Properties of Corn-based Bioplastic Films with Different Starch and Glycerol Content," *J. Phys. Sci.*, vol. 32, no. 3, pp. 89–101, 2021, doi: 10.21315/jps2021.32.3.7.
- [11] O. A. Silva *et al.*, "Synthesis and characterization of a low solubility edible film based on native cassava starch," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 128, pp. 290–296, 2019, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.132.
- [12] R. Dewi, T. Kimia, F. Teknik, and U. Malikussaleh, "Jurnal Teknologi Kimia Unimal PERBAIKAN SIFAT MEKANIK DAN LAJU TRANSMISI UAP AIR EDIBLE FILM BIOPLASTIK MENGGUNAKAN MINYAK SAWIT DAN PLASTICIZER," vol. 1, no. Mei, pp. 61–77, 2021.
- [13] S. Paudel, S. Regmi, and S. Janaswamy, "Effect of glycerol and sorbitol on cellulose-based biodegradable films,"

- Food Packag. Shelf Life*, vol. 37, 2023, doi: 10.1016/j.fpsl.2023.101090.
- [14] G. A. Morris and H. A. S. Binhamad, "Isolation and characterisation of pectin," *Pectin Technol. Physiol. Prop.*, pp. 61–82, 2020, doi: 10.1007/978-3-030-53421-9_4.
- [15] Marie Carene Nancy Picot-Allain, Brinda Ramasawmy, and Mohammad Naushad Emmambux, "Extraction, Characterisation, and Application of Pectin from Tropical and Sub-Tropical Fruits: A Review," *Food Rev. Int.*, pp. 1–31, 2020.
- [16] M. Z. Luthfi and J. Jerry, "Ekstraksi Minyak Gaharu dengan Pelarut Etanol secara Maserasi," *React. J. Res. Chem. Eng.*, vol. 2, no. 2, p. 36, 2021, doi: 10.52759/reactor.v2i2.39.
- [17] K. D. Tafa, N. Satheesh, and W. Abera, "Mechanical properties of tef starch based edible films: Development and process optimization," *Heliyon*, vol. 9, no. 2, p. e13160, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13160.
- [18] N. A. Mohd Rasidek *et al.*, "Subcritical water-based pectin from banana peels (*Musa Paradisiaca* Cv.Tanduk) as a natural gelation agent," *Mater. Today Proc.*, vol. 47, pp. 1329–1335, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2021.02.815.