

BIOPLASTIK BERBASIS PATI BONGGOL PISANG KEPOK (*MUSA PARADISIACA* L.) DENGAN PENAMBAHAN FITOHORMON SEBAGAI PENUTRISI TANAMAN

**Muhamad Ilham Zakaria¹⁾, Antonius Aditya Rizky Wijaya²⁾, Ergiana Rahayu³⁾,
Mohammad Fachri Aulady⁴⁾, Syaefudin⁵⁾**

¹ Departemen Biokimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

² Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

³ Departemen Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Institut Pertanian Bogor

*Corresponding author: Syaefudin02@apps.ipb.ac.id

ABSTRAK

Plastik menempati urutan kedua penyumbang sampah nasional, sehingga menimbulkan permasalahan bagi lingkungan. Bioplastik dari pati bonggol pisang kepok yang merupakan limbah, memiliki potensi pengoptimalan bahan alam karena cenderung lebih mudah terdegradasi. Riset bioplastik dengan penambahan nutrisi pupuk NPK terbentuk optimal dengan proses degradasi yang lebih cepat. Indol-3-asetat merupakan bentuk aktif hormon auksin yang berfungsi meningkatkan perkembangan sel, merangsang pembentukan akar, memacu pertumbuhan, dan meningkatkan aktivitas enzim, sehingga berpeluang menambah fungsi degradasi bioplastik agar dapat menutrisi tanaman. Riset ini bertujuan mengukur konsentrasi optimum fitohormon untuk bioplastik. Riset dilakukan dengan tahapan isolasi pati bonggol pisang, pembuatan bioplastik dan rangkaian uji seperti uji mekanik, uji *water uptake*, analisis gugus fungsi, analisis morfologi, uji *luff school*, uji efisiensi kadar fitohormon bioplastik serta uji efektivitas fitohormon bioplastik terhadap tanaman. Hasil riset menunjukkan bahwa bioplastik optimal berada pada bioplastik dengan konsentrasi auksin 20% yang memiliki daya jerap air sebesar 36,87%, kuat tarik dan elongasi sebesar 6,18 Mpa dan 13,59%, serta persen efisiensi yang mengikat 85,3% dari total konsentrasi awal auksin dalam bioplastik. Sampel bioplastik dengan konsentrasi auksin 10% optimal dalam pelepasan auksin, sehingga tumbuh tinggi tanaman dan lebar daun meningkat hingga 25,62% dan 29,36% dibanding kontrol.

Kata-kata kunci: bioplastik, auksin, bonggol pisang kepok, hormon tanaman.

ABSTRACT

Plastic is second largest contributor to national waste, causing environment problem. Bioplastics from kepok banana weevil starch, which is waste, have potential to optimize natural materials because natural materials tend to be more easily degraded. Bioplastic research with addition of NPK fertilizer nutrients is formed optimally with a faster degradation. An indole-3-acetic acid is active form of auxin hormone which functions to increase cell development, stimulate formation of roots, stimulate growth, and increase enzyme activity, so it has opportunity to increase the functional degradation of bioplastics, and it can nourish plants. This research aims to measure optimum concentration of phytohormones for bioplastics. The research was carried out in few stages, isolating banana weevil starch, making bioplastics, and few tests such as mechanical tests, water uptake tests, functional group analysis, morphological analysis, luff school tests, efficiency tests for bioplastic phytohormone, and effectiveness tests of bioplastic phytohormones on plants. The research results show optimal bioplastic formulation is bioplastic with auxin concentration of 20% which has water absorption capacity of 36.87%, tensile strength and elongation of 6.18 MPa and 13.59%, and binding efficiency percent of 85.3 % from total auxin concentration in bioplastics. Bioplastic samples with auxin concentration of 10% were optimal in releasing auxin, so plant height and leaf width increased by 25.62% and 29.36% compared to control.

Keywords: bioplastic, auxin, kepok banana weevil, plant hormones.

Pendahuluan

Menurut Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2022), plastik menempati urutan kedua penyumbang sampah nasional, yaitu sebesar 17,6% dari total timbunan sampah nasional sebesar 3.950.668,58 ton/tahun. Sampah plastik konvensional yang sulit terurai menimbulkan permasalahan yang cukup serius bagi lingkungan. Plastik konvensional kemudian memicu berkembangnya inovasi baru berupa bioplastik yang mudah terdegradasi oleh lingkungan. Hal ini dapat mempengaruhi kesuburan tanah, membunuh hewan pengurai seperti cacing, mengganggu jalur peresapan, membunuh hewan laut bila termakan, dan menjadi penyebab terjadinya banjir akibat penyumbatan aliran air (Sunandar *et al.*, 2020).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2012 mengenai pengelolaan sampah rumah tangga dan sampah sejenis rumah tangga, perlu dikembangkan pengelolaan sampah yang berprinsip pada 3R (*reuse, reduce, recycle*) (Aminudin dan Nurwati, 2019). Selain menerapkan prinsip 3R, akibat keterbatasan kemasan plastik konvensional yang sulit terurai, akhirnya dikembangkan plastik ramah lingkungan yang mudah terurai yang dikenal dengan bioplastik. Riset bioplastik yang dilakukan Amalia (2021), menunjukkan bahwa penambahan nutrisi tanaman seperti pupuk NPK pada bioplastik terbentuk optimal dan menghasilkan karakteristik berupa proses degradasi yang lebih cepat. Berdasarkan riset tersebut, penambahan zat-zat nutrisi yang mampu mendukung pertumbuhan tanaman seperti fitohormon ke dalam bioplastik sangat berpotensi. Dengan demikian, agar bioplastik berfitohormon berfungsi optimal, perlu riset lebih lanjut guna mengetahui konsentrasi fitohormon yang tepat.

Fitohormon sintetis sudah banyak digunakan petani untuk meningkatkan produksi buah dan sayuran. Selain itu, pada tanaman hias fitohormon sintetis digunakan untuk memperbanyak bunga sehingga membuat tanaman jadi lebih indah. Sebagai contoh IAA (asam indol-3-asetat) adalah salah satu bentuk aktif hormon auksin yang berfungsi meningkatkan perkembangan sel, merangsang pembentukan akar baru, memacu pertumbuhan, merangsang pembungaan dan meningkatkan aktivitas enzim (Vejan *et al.*, 2016).

Bonggol pisang merupakan bagian berupa umbi batang atau batang aslinya. Salah satu bahan pokok bioplastik yang mampu terdegradasi adalah pati bonggol pisang kepok. Menurut Zuhra *et al.* (2016), bioplastik dari bonggol pisang memiliki ketahanan yang kurang baik terhadap air, sehingga bioplastik ini mudah terdegradasi di alam.

Metode

Waktu dan Lokasi Penelitian

Riset dilaksanakan pada 15 Juni 2023 - 15 November 2023 di

Laboratorium Biokimia Pertanian dan Biomedis Departemen Biokimia FMIPA IPB. Riset dilaksanakan secara luring dengan menerapkan protokol kesehatan, dan keselamatan kerja yang lengkap di laboratorium.

Metode Pengumpulan Data

Riset dilakukan secara empirik, yaitu riset yang dilakukan di laboratorium. Riset dilaksanakan secara luring dengan menerapkan protokol kesehatan, dan keselamatan kerja yang lengkap di laboratorium.

Metode Analisis Data

Analisis data menggunakan analisis varian ANOVA satu arah (*One-Way ANOVA*). Pengujian statistik dilanjutkan dengan uji Tukey pada tingkat 95% ($p < 0,05$) untuk menunjukkan perbedaan signifikan antar taraf perlakuan dalam rancangan percobaan.

Prosedur

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan. Penelitian diawali dengan melakukan observasi bonggol pisang kepok di sekitar Bogor serta mengumpulkan informasi mengenai agen atau masyarakat yang memiliki limbah bonggol pisang kepok untuk diisolasi patinya dan dibuat menjadi matriks utama bahan penyusun bioplastik. Setelah melakukan observasi, penelitian dilakukan dengan melakukan uji mekanik, uji *water uptake*, analisis gugus fungsi, analisis morfologi bioplastik, uji efisiensi kandungan fitohormon dari bioplastik, uji efektivitas fitohormon dari bioplastik terhadap tanaman dan uji *luff school*.

Isolasi Pati dari Bonggol Pisang

Ekstraksi dilakukan dengan merujuk pada penelitian (Nafiayanto, 2019) dengan sedikit modifikasi metode yang dimulai dengan memisahkan bonggol pisang dari batangnya. Kemudian bonggol pisang kepok dicacah dan direndam ke dalam larutan asam sitrat 50% (w/v) selama 10 menit. Setelah direndam, bonggol pisang ditambahkan akuades untuk dihaluskan menggunakan blender. Larutan bonggol pisang kepok kemudian disaring dan diperoleh endapan pati. Endapan kemudian dipanaskan menggunakan oven hingga kering pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah kering, padatan pati ditumbuk hingga menjadi serbuk halus.

Pembuatan Bioplastik

Tahap ini merujuk pada metode yang dilakukan Nafiayanto (2019) dengan sedikit modifikasi. Bioplastik ini dibuat dengan menggunakan kitosan sebanyak 0,5 g yang disiapkan dengan mencampurkan asam asetat dan dihomogenkan dengan stirrer selama 5 menit. Pati dan akuades dilarutkan serta dipanaskan dengan *magnetic stirrer* sampai homogen. Kemudian, *plasticizer* berupa gliserol sebanyak 1,2 mL dicampurkan kemudian larutan diaduk selama 30 menit hingga homogen. Setelah kitosan siap, pati bonggol pisang ditambahkan dan diaduk pada suhu gelatinisasi, yakni pada suhu 70 - 83°C. Setelah proses pengadukan selesai dan larutan bioplastik sedikit dingin, zat

fitohormon berupa auksin ditambahkan dengan konsentrasi yang berbeda-beda mulai dari 10%, 15% dan 20% dalam DMSO (b/v) sebagai taraf penggunaan yang akan diuji efektivitasnya. Setelah itu, larutan dicetak di atas plat akrilik dan dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 4 jam. Bioplastik yang sudah dicetak dan dianginkan selama 1 x 24 jam. Setelah bioplastik yang mengandung fitohormon berhasil dibuat, akan dilakukan uji kualitas dari produk bioplastik tersebut.

Tabel 1. Formulasi Pembuatan Bioplastik (modifikasi Nafiayanto, (2019))

Bahan	P0	P1	P2	P
Pati bonggol pisang (g)	3	3	3	3
Kitosan (g)	0.5	0.5	0.5	0.5
Akuades (mL)	50	50	50	50
Asam asetat 1% (mL)	25	25	25	25
Gliserol (mL)	1.2	1.2	1.2	1.2
Auksin dalam DMSO (%)	0	10	15	20

Uji Mekanik (Kuat Tarik dan Elongasi)

Pengujian dilakukan dengan metode (Widhiantari *et al.*, 2021). uji mekanik terdiri dari uji kuat tarik dan uji elongasi (kelenturan). Pengujian dilakukan dengan menarik ujung sampel bioplastik menggunakan alat *Tensile Strength Torsee* dengan ukuran standar ASTM D882 hingga sampel bioplastik tersebut putus. Kemudian, data yang diperoleh akan dianalisis menggunakan persamaan:

$$\text{Kuat Tarik} = \frac{\text{gaya maks (N)}}{\text{luas (m}^2\text{)}} \quad \text{Elongasi} = \frac{\text{perubahan panjang (cm)}}{\text{panjang awal (cm)}} \times 100\%$$

Uji Daya Serap Air (Water Uptake)

Pengujian daya serap air merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Panjaitan *et al.* (2017) yang dimulai dengan bobot awal bioplastik ditimbang (W_o). Lalu, wadah/gelas piala diisi dengan air aquades. Sampel bioplastik dimasukkan ke dalam wadah/gelas piala tersebut. Setelah 10 detik, angkat dari dalam wadah berisi aquades, timbang berat sampel (W) yang telah direndam dalam wadah. Rendam kembali sampel ke dalam wadah tersebut, angkat tiap 10 detik, timbang berat sampel. Lakukan hal yang sama hingga diperoleh berat akhir sampel yang konstan. Selanjutnya, air yang diserap oleh sampel dihitung melalui persamaan:

$$\% \text{ water uptake} = \frac{\text{berat sampel (W)} - \text{berat sampel awal (W}_o\text{)}}{\text{berat sampel awal (W}_o\text{)}} \times 100\%$$

Analisis Gugus Fungsi (FTIR)

Untuk menganalisis struktur gugus fungsi digunakan metode analisa *Fourier Transform Infrared* (FT-IR) seperti yang dilakukan oleh Sjahfirdi *et al.* (2015). Sampel yang unggul dihaluskan dan dihomogenkan menggunakan larutan KBr. Campuran tersebut kemudian dimasukkan kedalam oven untuk dipanaskan selama 24 jam dan dimasukkan ke dalam desikator setelahnya.

Selanjutnya, dengan menggunakan spektrofotometer FTIR, sampel diukur pada suhu ruang, agar difraktogram hubungan antara bilangan gelombang dengan intensitas, bisa dihasilkan.

Analisis Morfologi Bioplastik (SEM)

Analisis Morfologi dilakukan dengan mengamati morfologi permukaan bioplastik menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) seperti yang dilakukan oleh Prasetiowati *et al.* (2018). Sampel yang dipilih kemudian ditempelkan pada *set holder* menggunakan perekat ganda yang dilapisi logam emas dalam keadaan vakum. Sampel dimasukkan pada SEM dan diamati gambar permukaan bioplastik dan dilakukan perbesaran hingga menghasilkan gambar yang jelas.

Uji Efisiensi Kandungan Fitohormon dari Bioplastik

Efisiensi kandungan fitohormon diuji dengan metode *kolorimeter* yang dilakukan Astriani dan Murtiyaningsih (2018) dengan sedikit modifikasi. Sampel bioplastik berfitohormon dihaluskan, kemudian diekstraksi dengan akuades sebanyak 2 ml melalui sentrifugasi dengan kecepatan 366 rpm dan suhu 26°C selama 10 menit. Selanjutnya, supernatan diambil dan ditambahkan dengan 2 ml reagen *Salkowsky* (asam amino triptofan) kemudian didiamkan di ruangan gelap selama 15 menit. Secara kuantitatif, sampel diukur menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 460 nm.

Uji Efektivitas Fitohormon dari Bioplastik Terhadap Tanaman

Tanaman yang akan dipakai sebagai sampel adalah tanaman kangkung tanah. Rancangan percobaan menggunakan faktor tunggal dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pengujian dilakukan terhadap beberapa sampel tanaman (variabel terikat) yang diberi dua perlakuan berbeda. Sampel satu diberi perlakuan tanpa tambahan fitohormon dari bioplastik dan sampel dua diberi perlakuan berupa penambahan cairan fitohormon dari larutan bioplastik (faktor tunggal). Sedangkan kondisi lain unit percobaan diasumsikan serba sama (homogen). Peubah dari uji ini yaitu morfologi kangkung berupa tinggi batang tanaman dan lebar daun.

Uji Luff Schoorl

Analisis kadar pati dalam isolat bonggol pisang dilakukan dengan metode *Luff Schoorl* seperti yang dilakukan oleh Nofiandi *et al.* (2019) yang diawali persiapan sampel dengan menimbang 0.1 g sampel dan ditambah 50 ml akuades serta 5 ml HCl 25 %, kemudian dipanaskan pada suhu 100°C selama 3 jam. Setelah dingin, suspensi dinetralkan dengan NaOH 25 % sampai pH 7. Secara kuantitatif, larutan tersebut dipindahkan dalam labu takar 100 ml. Larutan ini kemudian disaring kembali dengan kertas saring.

Analisis sampel dilakukan dengan mencampur 25 ml filtrat dari persiapan sampel dengan 25 ml larutan *Luff Schoorl* dalam Erlenmeyer. Kemudian, dibuat pula perlakuan blanko yaitu dengan mencampurkan 25 ml larutan *Luff Schoorl*

dengan 25 ml aquades. Erlenmeyer dihubungkan dengan pendingin balik, kemudian dididihkan. Pendidihan larutan dipertahankan selama 10 menit. Selanjutnya cepat didinginkan dan ditambah 15 ml KI 20% dan dengan hati-hati ditambah 25 ml H₂SO₄ 25%. Lalu ditutup dan diletakkan di tempat gelap selama 30 menit. Yodium yang dibebaskan dititrasi dengan larutan Na₂S₂O₃ 0,1 N memakai indikator amilum sebanyak 2-3 ml. Untuk memperjelas perubahan warna pada akhir titrasi maka sebaiknya pati diberikan pada saat titrasi hampir berakhir.

$$\text{Kadar Pati (\%bb)} = \frac{\text{volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ terpakai} \times \text{FP} \times 0,95}{\text{bobot sampel}} \times 100\%$$

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik dan Rendemen Pati Bonggol Pisang Kepok

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh karakteristik pati berwarna putih kecokelatan, berbentuk serbuk, tidak berbau dan tidak berasa. Jumlah rendemen pati yang diperoleh sebanyak 87,6784 gram dari bobot bonggol pisang kepok mentah sebanyak 12.370 gram. Nilai persentase rendemen yang dihasilkan dihitung berdasarkan perhitungan berikut ini

$$\begin{aligned} \text{Rendemen Pati (\%)} &= \frac{\text{bobot ekstrak (g)}}{\text{bobot sampel (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{87,6784 \text{ g}}{12.370 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 0,709\% \end{aligned}$$

Perhitungan rendemen pati sudah mendekati hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati *et al.* (2023) menghasilkan persentase rendemen pati bonggol pisang kepok sebesar 0,88%-0,94% dari bonggol pisang kepok kuning basah dengan bobot 5.500 gram. Adapun faktor yang dapat mempengaruhi jumlah rendemen pati yang dihasilkan yaitu varietas pisang, kondisi lingkungan (radiasi sinar matahari, suhu, pemupukan, kelembaban tanah), serta umur tanaman.

Uji Mekanik (Kuat Tarik dan Elongasi)

Berdasarkan data hasil uji analisa kuat tarik bioplastik berfitohormon pada Tabel 2, diperoleh hasil bioplastik kontrol tanpa penambahan auksin (P0), bioplastik dengan penambahan auksin dengan konsentrasi 10% (P1), bioplastik dengan penambahan auksin dengan konsentrasi 15% (P2), dan bioplastik dengan penambahan auksin dengan konsentrasi 20% (P3) masing-masing memiliki nilai kuat tarik berturut-turut yaitu 5,01 Mpa, 3,02 Mpa, 5,80 Mpa dan 6,18 Mpa. Hasil tersebut menunjukkan kenaikan kuat tarik bioplastik yang berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi auksin yang ditambahkan, dengan kuat tarik tertinggi berada di bioplastik dengan penambahan auksin berkonsentrasi 20% (P3). Wicaksono (2019) menjelaskan bahwa auksin merupakan senyawa asam organik dengan berat molekul rendah yang mengandung gugus karboksilat, dan cincin aromatik. Adanya

gugus tersebut menyebabkan auksin dapat berikatan dengan pati dan gliserol pada bioplastik, sehingga dapat bereaksi dan menambah kuat tarik dari bioplastik. Walaupun ada peningkatan kuat tarik, nilai ini masih belum memenuhi standar kuat tarik menurut SNI 7188-7 (2016), yaitu 24,7-302 MPa.

Tabel 2. Hasil analisa uji kuat tarik bioplastik berfitohormon

Variasi Konsentrasi Auksin (%)	Gaya Maksimum (Kgf)	Luas Penampang (mm ²)	Kuat Tarik (Mpa)
0	0,511	1	5,01±1,08 ^a
10	0,308	1	3,02±0,80 ^a
15	0,591	1	5,80±0,72 ^a
20	0,63	1	6,18 ±2,78 ^a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan sampel tidak berbeda signifikan

Berdasarkan data hasil uji analisa uji elongasi bioplastik berfitohormon pada Tabel 3, diperoleh hasil bioplastik kontrol tanpa penambahan auksin (P0), bioplastik dengan penambahan auksin dengan konsentrasi 10% (P1), bioplastik dengan penambahan auksin dengan konsentrasi 15% (P2), dan bioplastik dengan penambahan auksin dengan konsentrasi 20% (P3) masing-masing memiliki nilai elongasi berturut-turut yaitu 16,14%, 11,81%, 7,93% dan 13,59%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa adanya penambahan auksin menyebabkan penurunan elongasi dari bioplastik.

Tabel 3 Hasil analisa uji elongasi bioplastik berfitohormon

Variasi Konsentrasi Auksin (%)	L ₀ (mm)	ΔL (mm ²)	Elongasi (%)
0	100	16,14	16,14±3,73 ^a
10	100	11,81	11,81±2,07 ^{ab}
15	100	7,93	7,93±3,34 ^{ab}
20	100	13,59	13,59±1,66 ^b

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan sampel tidak berbeda signifikan

Hal ini terjadi karena titik jenuh pada bioplastik telah terlampaui saat penambahan auksin sehingga menurunkan gaya intermolekular antar rantai dan menurunkan nilai elongasi dari bioplastik. Meskipun nilai elongasi pada bioplastik tidak konsisten, akan tetapi bioplastik berfitohormon pada variabel P1, P2, dan P3 seluruhnya lebih rendah dibandingkan bioplastik pada P0 sehingga mengindikasikan adanya penurunan elongasi saat penambahan auksin. Nilai elastisitas berbanding lurus dengan kuat tarik dan berbanding terbalik dengan elongasi (Nandika *et al.*, 2019).

Uji Water Uptake (Ketahanan terhadap Air)

Analisis uji ketahanan air (*water uptake*) dilakukan untuk mengetahui laju penyerapan air akibat adanya penambahan konsentrasi fitohormon auksin pada bioplastik.

Tabel 4. Hasil uji *water uptake* bioplastik berfitohormon

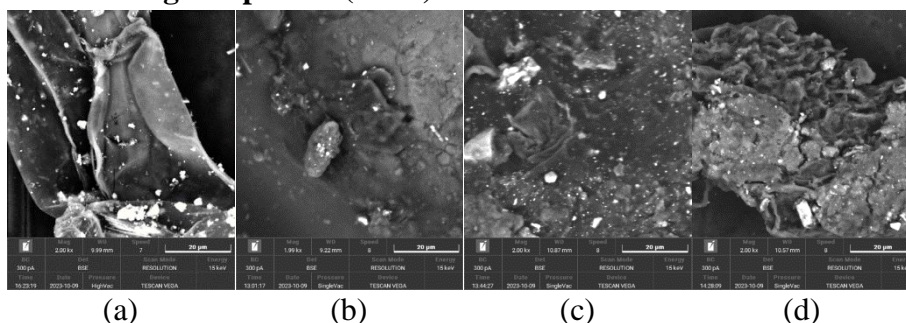
Konsentrasi	Rata-rata Perubahan Massa		Water Uptake (%)
	Sebelum	Sesudah	
0%	0,026	0,046	73,851±5,50 ^b
10%	0,044	0,112	61,676±7,68 ^b
15%	0,039	0,056	46,294±13,83 ^a
20%	0,038	0,060	36,868±1,87 ^a

Keterangan: Huruf yang sama menunjukkan sampel tidak berbeda signifikan

Tabel 2 menunjukkan bahwa formulasi bioplastik pati bonggol pisang terbaik ada pada data konsentrasi fitohormon auksin 20%. Pada konsentrasi 20%, memiliki nilai *water uptake* sebesar 36,87%. Hasil uji ketahanan air pada bioplastik memiliki nilai rata-rata yang berkisar dari 36,87% hingga 73,85%. Nilai ketahanan air tertinggi ada pada bioplastik (P0) tanpa penambahan auksin, yaitu sebesar 73,85%. Sedangkan untuk P1 dan P2 berturut-turut sebesar 61,67% sampai 46,29%.

Penambahan konsentrasi auksin memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap penurunan persen ketahanan air. Auksin pada dasarnya tidak larut dalam pelarut polar seperti air, sehingga daya serapnya terhadap air cenderung lemah. Sehingga bioplastik (P0) memiliki persentase ketahanan air yang sangat tinggi. Pati bonggol pisang bersifat hidrofilik, sehingga dapat mengikat molekul air dan dapat membentuk ikatan hidrogen antara pati dan air. Bioplastik dengan komposisi tanpa penambahan fitohormon auksin mampu mengikat air. Hal ini disebabkan oleh adanya gugus hidroksil dari kitosan yang memungkinkan untuk berikatan dengan molekul air. Selain itu, terdapat kandungan gliserol dalam bioplastik yang bersifat higroskopis dan memiliki gugus -OH yang cukup banyak yang dapat berikatan dengan air melalui interaksi hidrogen. Hal ini juga menyebabkan bioplastik memiliki daya serap air yang tinggi (Agustin dan Padmawijaya 2016).

Analisis Morfologi Bioplastik (SEM)



Gambar 1. Morfologi permukaan bioplastik (a) tanpa penambahan auksin, (b) penambahan auksin 10%, (c) penambahan auksin 15%, dan (d) penambahan auksin 20% dengan perbesaran 2000x

Uji morfologi permukaan plastik dilakukan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) untuk mengetahui struktur permukaan, retakan, kehalusan permukaan hasil bioplastik yang dibuat. Morfologi bioplastik tanpa penambahan

auksin lebih halus dibandingkan dengan bioplastik dengan penambahan auksin. Permukaan bioplastik yang didapatkan memiliki morfologi yang bergelombang yang mengindikasikan pengadukan yang kurang homogen. Analisis SEM menunjukkan permukaan bioplastik tidak rapat serta terlihat adanya retakan (*crack*). Retakan yang terjadi diduga karena ukuran amilopektin masih terlalu besar. Ukuran ini mengakibatkan tidak rapatnya partikel amilopektin pada matriks pati, yang ditunjukkan dengan adanya gumpalan-gumpalan pati berwarna putih yang tidak larut sempurna. Kurang rapatnya struktur tersebut menyebabkan air akan terserap lebih banyak (Setiawan *et al.*, 2015). Struktur bioplastik terbaik didapatkan pada penambahan auksin 10% karena memiliki ukuran butiran amilopektin yang lebih kecil dan lebih homogen.

Uji Efisiensi Fitohormon dari Bioplastik

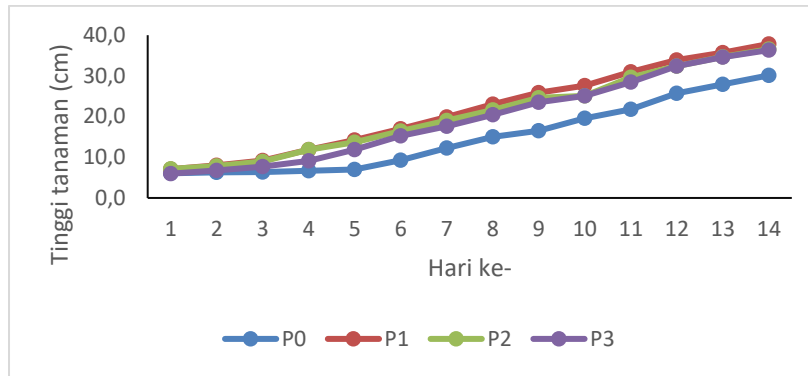
Tabel 5. Konsentrasi akhir auksin dalam bioplastik

Konsentrasi (%)	Absorbansi Sampel	Faktor pengenceran	Konsentrasi Sampel	Efisiensi dari Konsentrasi Total (%)
10	0,315	1	8,03	80,3
15	0,442	1	12,60	84
20	0,567	1	17,06	85,3

Berdasarkan data uji efisiensi pada Tabel 2, didapatkan hasil bahwa konsentrasi akhir dari bioplastik berfitohormon mencapai persen efisiensi yang cukup optimal, dikarenakan auksin yang terdapat dalam bioplastik tersebut tetap terikat secara kimiawi, sebanyak >80% dari konsentrasi total penambahan auksin awal ketika pembuatan bioplastik. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, auksin merupakan senyawa asam organik dengan berat molekul rendah yang mengandung gugus karboksilat, dan cincin aromatik. Adanya gugus tersebut menyebabkan auksin dapat berikatan hidrogen dengan pati dan gliserol pada bioplastik, sehingga dapat bereaksi dengan matriks-matriks penyusun utama bioplastik dan tidak menguap atau menghilang selama pengeringan bioplastik (Wicaksono, 2019). Grafik standar auksin dapat dilihat pada Lampiran 10.

Uji Efektivitas Fitohormon Terhadap Tanaman

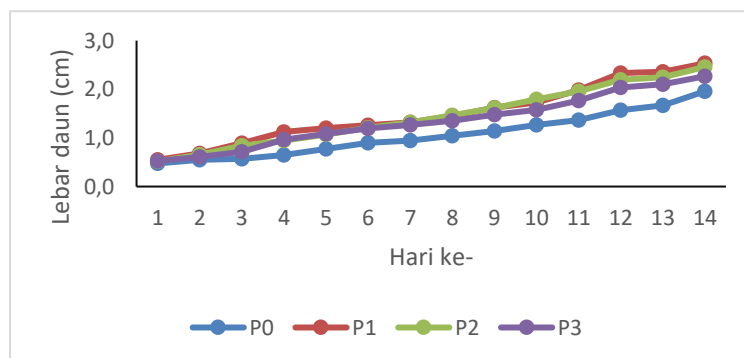
Berdasarkan hasil uji statistik, perlakuan sampel (P1, P2, dan P3) menghasilkan perbedaan yang signifikan terhadap perlakuan sampel (P0). Ditinjau secara grafik dari Gambar 2, terlihat bahwa tanaman kangkung tanah dengan pemberian bioplastik berfitohormon dengan konsentrasi 10%, 15% dan 20% memiliki tinggi tanaman yang lebih besar dibandingkan kangkung tanah yang tidak diberi bioplastik berfitohormon (kontrol). Perlakuan sampel tanaman P1, P2, dan P3 mengalami peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman berturut-turut yaitu 25,62%, 21,33%, dan 20,62%.



Gambar 2. Grafik tinggi tanaman kangkung tanah selama penanaman

Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Alprian dan Karyawati (2018), yang menyatakan bahwa auksin mempengaruhi tinggi tanaman, diameter batang, bobot segar akar, dan volume akar. Perlakuan konsentrasi auksin memberikan pengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Hormon auksin digunakan untuk merangsang sel agar memanjang dan berkembang membentuk dinding sel baru sehingga menghasilkan pembentukan organ tumbuhan.

Berdasarkan uji statistik lebar daun, perlakuan sampel (P0 dan P3) tidak berbeda nyata, sedangkan perlakuan sampel (P1 dan P2) berbeda nyata terhadap kontrol (P0). Ditinjau secara grafik dari Gambar 3, terlihat bahwa tanaman kangkung tanah dengan pemberian bioplastik berfitohormon dengan konsentrasi 10%, 15% dan 20% memiliki daun yang lebih lebar dibandingkan kangkung tanah yang tidak diberi bioplastik berfitohormon (kontrol). Perlakuan sampel tanaman P1, P2, dan P3 mengalami peningkatan pertumbuhan lebar daun berturut-turut yaitu 29,36%, 25,53%, dan 15,74%.



Gambar 3. Grafik lebar daun kangkung tanah selama penanaman

Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Leovici *et al.* (2014) dengan hasil yang menyatakan bahwa pemberian perlakuan auksin secara nyata mampu menghasilkan daun yang lebih luas dibandingkan dengan perlakuan tanpa zat pengatur tumbuh, sehingga auksin dapat mempengaruhi jumlah daun dan luas daun tanaman dengan mengintegrasikan pertumbuhan organ tanaman seperti daun melalui distribusi nutrisi akar yang baik.

Analisis Gugus Fungsi (FTIR)

Tabel 6. Interpretasi Data Gugus Fungsi FTIR Bioplastik

No.	Gugus fungsi	Bioplastik auksin (cm ⁻¹)	Bioplastik kontrol (cm ⁻¹)	Auksin murni (cm ⁻¹)	Literatur
1.	C-Br <i>stretching</i> (<i>strong</i>)	600–500	600–500	-	700–600 (Nandiyanto <i>et al.</i> 2019)
2.	C-Cl <i>stretching</i> (<i>strong</i>)	830–600	830–600	-	800–700 (Nandiyanto <i>et al.</i> 2019)
3.	C-I <i>stretching</i> (<i>strong</i>)	610–485	610–485	-	600–500 (Nandiyanto <i>et al.</i> 2019)
4.	P=S <i>stretching</i> (<i>variable</i>)	800–580	800–580	-	660 (Sejkorová <i>et al.</i> 2021)
5.	P-Cl <i>stretching</i> (<i>strong</i>)	580–440	580–440	-	430,01 (Jayanti <i>et al.</i> 2021)
6.	Si-Cl <i>antisymmetric stretching</i> (<i>strong</i>)	620–570	620–570	-	615 (Kalem <i>et al.</i> 2014)
7.	Si-Cl <i>symmetric stretching</i> (<i>medium</i>) (R) ₃ Si-F	535–450	535–450	-	545 (Kalem <i>et al.</i> 2014)
8.	<i>stretching</i> (<i>strong</i>)	-	920–820	980–945	940 (Kim <i>et al.</i> 2015)

Berdasarkan Tabel 6, terdapat kesamaan gugus yang terdeteksi pada bioplastik auksin dan bioplastik kontrol, di antaranya C-Br, C-Cl, C-I, P=S, P-Cl, dan Si-Cl. Sementara itu, gugus (R)₃Si-F terdeteksi pada sampel bioplastik kontrol dan auksin murni. Hal ini menunjukkan adanya kesamaan kandungan senyawa atau pola polimerisasi sehingga pembacaan FTIR memberi hasil yang sama pada gugus tertentu (Manrique dan Lalojo 2017).

Tidak ada kesamaan gugus yang terbaca di antara bioplastik auksin dengan auksin murni. Sementara itu, gugus penciri auksin seperti *carbonyl stretching* C=O (1750–1650 cm⁻¹) dan N-H *stretching* (3474–3482 cm⁻¹) (Lutz *et al.* 2019), tidak terdeteksi pada sampel bioplastik auksin, bioplastik kontrol, maupun auksin murni. Hal ini dapat diakibatkan oleh terjadinya reaksi kimia tidak diinginkan atau terbentuknya pola polimerisasi tertentu selama proses pembuatan bioplastik yang menyebabkan perubahan sifat, komposisi, dan/atau pola

polimerisasi (Japir *et al.* 2021).

Kandungan Pati dalam Isolat Bonggol Pisang (Uji *Luff Schoorl*)

Setelah dilakukan uji *Luff Schoorl*, diperoleh data titrasi blanko dan sampel berupa volume Na₂S₂O₃ dengan faktor pengenceran serta bobot sampel yang dipakai, sehingga dapat dihitung kadar pati dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kadar Pati (\%bb)} &= \frac{\text{volume Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ terpakai} \times FP \times 0,95}{\text{bobot sampel}} \times 100\% \\ &= \frac{28 \times 4 \times 0,95}{150} \times 100\% \\ &= 70,93\%\end{aligned}$$

Hasil analisis penetapan kadar pati bonggol pisang kepok dengan metode *Luff-Schoorl* ditentukan dari filtrat pati bonggol pisang yang merupakan polisakarida hasil hidrolisis menggunakan HCl 25% disertai ekstraksi dengan metode refluks selama 3 jam. Penetralkan pun dilakukan dengan NaOH 25% hingga pH mencapai 7. Fungsi penetralan adalah agar suspensi tidak mempengaruhi volume titrasi yang dihasilkan. Apabila dalam suasana asam, hasil titrasinya akan lebih tinggi dari hasil sebenarnya disebabkan terjadi reaksi ion iodin menjadi I₂, sebaliknya dalam suasana basa hasil titrasi akan lebih rendah dari hasil sebenarnya karena terjadi reaksi I₂ yang terbentuk dengan air. Hasil penetapan kadar pati pada isolat bonggol pisang kepok adalah sebesar 70,93%. Hasil ini menunjukkan kadar pati pada bonggol pisang kepok lebih unggul 4,15% dibandingkan kadar pati pada bonggol pisang mas dan unggul 1,8% dibandingkan kadar pati pada bonggol pisang batu, sebagaimana penelitian yang telah dilakukan oleh Nofiandi *et.al* (2019). Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat diketahui bahwa varietas bonggol pisang yang berbeda diasumsikan memiliki kandungan pati yang berbeda pula. Beberapa faktor yang menyebabkan variasi kandungan pati yang berbeda pada setiap tanaman adalah perbedaan varietas, umur panen, lingkungan tempat tumbuh, kondisi iklim, intensitas cahaya, dan perbedaan perlakuan tanaman.

Kesimpulan

Formulasi bioplastik terbaik berada pada sampel P3 (bioplastik dengan penambahan auksin berkonsentrasi 20%) yang memiliki persen daya jerap air, kuat tarik dan elongasi terbaik, serta persen efisiensi yang paling optimal yang mengikat 85,3% dari total konsentrasi awal auksin Ketika ditambahkan ke bioplastik. Sampel p1 optimal dalam efektivitas pelepasan auksin dari bioplastik terhadap tanaman, sehingga tumbuh tinggi tanaman dan lebar daun meningkat hingga 25,62% dan 29,36% dibanding kontrol.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini tidak akan berjalan apabila tidak ada bantuan dari berbagai pihak yang turut serta membantu program penelitian kami. Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia khususnya Dirjen Belmawa yang telah membiayai penelitian ini. Terima kasih juga kepada Syaefudin, S.Si., M.Si., PhD selaku dosen pendamping yang selalu membantu dan membimbing kami. Selain itu, kami mengucapkan terima

kasih kepada Institut Pertanian Bogor, Direktur Kemahasiswaan Institut Pertanian Bogor, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam IPB, Departemen Biokimia dan Departemen Kimia Institut Pertanian Bogor, Tim PKM Center IPB, dosen reviewer PKM IPB, yang telah memfasilitasi kami dan banyak memberi arahan dalam penyelesaian penelitian ini.

Kontribusi Penulis

Penulis Satu mengontrol prosedur utama penelitian, mengontrol pengujian, serta melakukan penelitian dan pengujian; Penulis Kedua melakukan penelitian dan analisis data statistik dari pengujian; Penulis Ketiga melakukan persiapan bahan laboratorium dan pengujian serta melakukan pencatatan laporan penelitian dan pengujian; Penulis Keempat melakukan penelitian dan pengujian serta menganalisis data primer dari penelitian; Penulis Terakhir memberikan arahan riset, desain percobaan, solusi masalah, dan penyelesaian naskah serta laporan penelitian.

Daftar Pustaka

- [KLHK]. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2022. Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) Tahun 2022. URL: <https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>. Diakses tanggal 28 Januari 2023.
- Agustin, Y.E. dan Padmawijaya, K.S. 2016. Sintesis Bioplastik dari Kitosan-Pati Kulit Pisang Kepok dengan Penambahan Zat Aditif. *Jurn Tek Kim.* 10(2):40–48.
- Alpriyan D dan Karyawati AS. 2018. Pengaruh Konsentrasi dan Lama Perendaman Hormon Auksin pada Bibit Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurn Prod Tan.* 6(7):1354-1362.
- Amalia, R. 2021. Pembuatan Bioplastik Kitosan-TiO₂-CNT-NPK Sebagai Model Pupuk Lepas-Lambat NPK yang Bersifat Antibakteri. *Skripsi*. Universitas Gadjah Mada.
- Aminudin, A. dan Nurwati, N. 2019. Pemanfaatan sampah plastik menjadi kerajinan tangan guna meningkatkan kreatifitas warga sekitar STIE Ahmad Dahlan Jakarta. *Jurn Abdimas BSI: Jurn Pengabd Kpd Masy.* 2(1):66-79.
- Astriyani, M., dan Murtiyaningsih, H. 2018. Pengukuran *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) pada *Bacillus* sp. dengan penambahan L-Tryptofan. *BIOEDUSCIENCE.* 2(2):116-121.
- Japir, A.A., Salih, N., dan Salimon, J. 2021. Synthesis and characterization of biodegradable palm palmitic acid based bioplastic. *Turk J Chem.* 45(3):585-599.
- Jayanti, A.T., Nasution, A., Suyanto, H., Bramantoro, T., dan Fauziyah, A.R. 2021. The content of active materials in miswak (*Salvadora persica*): an Analytical study using Fourier-transform infrared spectroscopy and ultraviolet-visible spectrophotometer. *Journ of Inter Oral Heal.* 13(3):258-266.

- Kalem, S., Chevallier, J., Al Dallal, S., dan Bourneix, J. 2014. Infrared vibrational spectra of chlorinated and hydrogenated amorphous silicon. *Journ de Physiq Collo.* 42(4):361-363.
- Kim, Y.H., Hwang, M.S., Kim, H.J., dan Kim, J. 2015. Infrared spectroscopy study of low-dielectric-constant fluorine-incorporated and carbon-incorporated silicon oxide films. *Journ of App Phys.* 90(7):3367-3370.
- Leovici, H., Kastono, D., Putra, E.T.S. 2014. Pengaruh Macam dan Konsentrasi Bahan Organik Sumber Zat Pengatur Tumbuh Alami Terhadap Pertumbuhan Awal Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurn Vegetal.* 3(1):22-34.
- Lutz, B.T.G., Windt E.V.D., Kanters, J., Klambt, D., Kojic-Prodic, B., dan Ramek, M. 2019. FT-IR spectroscopic study of the phytohormone auxin (Indol-3-ylacetic Acid, IAA) and its n-alkylated and monohalogenated derivatives. *Journ of Molecul Struct.* 382(3):177-185.
- Manrique, G.D., dan Lajolo, F.M. 2017. FT-IR spectroscopy as a tool for measuring degree of methyl esterification in pectins isolated from ripening papaya fruit. *Postharv Bio and Techno.* 25(1):99-107.
- Mukherjee, A., Gaurav A.K., Singh, S., Yadav, S., Bhowmick, S., Abeysinghe, S. dan Verma, J.P. 2022. *The bioactive potential of phytohormones: A review.* Biotechnol Reports.
- Nafiayanto I. 2019. Pembuatan plastik biodegradable dari limbah bonggol pisang kepok dengan *plasticizer* gliserol dari minyak jelantah dan komposit kitosan dari limbah cangkang bekicot (*Achatina fullica*). *Integr Lab Journ.* 7(1):75–89.
- Nandika, A.A.J., Harsojuwono, B.A., Arnata, I.W. 2021. Pengaruh jenis dan konsentrasi bahan pemlastis terhadap bioplastik glukomanan. *Jurn Reka dan Mana Agroin.* 9(1):75-84.
- Nandiyanto, A.B., Oktiani, R., dan Ragadhita, R. 2019. How to read and interpretation FTIR spectroscopy of organic material. *Indones Journ of Scie and Techno.* 4(1):97-118.
- Nofiandi, D., Sari, T.M., dan Putri, R. 2019. Penetapan kadar pati bonggol pisang mas (*Musa paradisiaca*) dan pati bonggol pisang batu (*Musa balbisiana* Colla) menggunakan metoda *Luff Schoorl*. *SCIENTIA Journ Far Kes.* 9(1):299-35.
- Panjaitan, R.M., dan Bahrudin, I. 2017. Pengaruh kadar dan ukuran selulosa berbasis batang pisang terhadap sifat dan morfologi bioplastik berbahan pati umbi talas. *Journ FTEKNIK.* 4(1):1-7.
- Prasetiowati, A.L., Prasetya, A.T., dan Wardani, S. 2018. Sintesis nanopartikel perak dengan bioreduktor ekstrak daun belimbing wuluh (*Averrhoa Bilimbi* L.) sebagai antibakteri. *Indone Journ of Chem Scien.* 7(2):160-166.
- Putra, R.R. dan Shofi, M. 2015. Pengaruh hormon *naphthalen acetic acid* terhadap inisiasi akar tanaman kangkung air (*Ipomoea aquatica* Forssk.). *Journ*

Wiyata. 2(2):108–113.

- Rahmawati, T.E., Cahyani, I.M., dan Munisih, S. 2023. Karakterisasi pati bonggol pisang kepok kuning (*Musa paradisiaca* L.) sebagai bahan tambahan sediaan farmasi. *Journ Sains Kes.* 5(2):100–108.
- Sejkorová, M., Kučera, M., Hurtová, I., dan Voltr, O. 2021. Application of FTIR-ATR spectrometry in conjunction with multivariate regression methods for viscosity prediction of worn-out motor oils. *App Scien.* 11(9):3842–3853.
- Setiawan, H., Faizal, R., Amrullah, A. 2015. Penentuan kondisi optimum modifikasi konsentrasi *plasticizer sorbitol* PVA pada sintesa plastik *biodegradable* berbahan dasar pati sorgum dan chitosan limbah kulit udang. *Jurn Sainteknol.* 13(1):29–38.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheswari, H., dan Astuti, P. 2015. Aplikasi *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan pengamatan pembengkakan genital pada spesies primata, lutung jawa (*Trachypithecus auratus*) untuk mendeteksi masa subur. *Jurn Ked Hew.* 9(2):156–160.
- Sunandar, A.P., Chahyani, R.Q.C. dan Farhana, F.Z. 2020. *Ecobrick* sebagai pemanfaatan sampah plastik di Laboratorium Biologi dan Foodcourt Universitas Negeri Yogyakarta. *Jurn Peng Masy MIPA dan Pend MIPA.* 4(2):113–121.
- Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S. dan Boyce, A.N. 2016. Role of plant growth promoting rhizobacteria in agricultural sustainability-A review. *Journ Molecules.* 21(5):1–17.
- Wicaksono, S.T. 2019. Isolasi fungi endofit rimpang rumput teki (*Cyperus rotundus* L.) sebagai pelarut fosfat dan penghasil fitohormon auksin *Indole-3-Acetic Acid*. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Widhiantari, I.A., Hidayat, A.F., Muttalib, S.A., Khalil, F.I. dan Puspitasari, I. 2021. Sifat mekanik bioplastik berbasis kombinasi pati biji nangka dan tongkol jagung. *Journ Ilm Reka Pertan dan Biosist.* 9(1):76–83.
- Zuhra, Hasan, M. dan Nasir, M. 2016. Pembuatan plastik *biodegradable* dari kitosan, pati bonggol pisang (*Musa paradisiaca* L.), dan minyak jarak (*Castor oil*). *Journ Ilm Mhs Pend Kim.* 2(3):173–182.