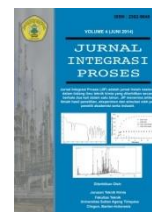




JURNAL INTEGRASI PROSES

Website: <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip>



Submitted : 11 April 2025

Revised : 11 May 2025

Accepted : 27 May 2025

PENGEMBANGAN *BIODEGRADABLE FILM* BERBASIS CAMPURAN PATI BIJI NANGKA DAN ALPUKAT DENGAN PENAMBAHAN *PLASTICIZER SORBITOL*

Muhammad Rifki Ramjani*, Ahmad Nauval Labib, Nana Dyah Siswati, Suprihatin

Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya, 60294, Indonesia

*Email: muhammadrifkiramjani@gmail.com

Abstrak

Biji nangka dan alpukat dianggap sebagai limbah, padahal biji tersebut mengandung kadar karbohidrat dan pati yang tinggi, yaitu sekitar 56 gram per 100 gram biji nangka dan sekitar 80% dari kadar biji alpukat. Kedua biji ini dapat digunakan sebagai jaringan pembentuk polimer dalam pembuatan *biodegradable film*. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan *biodegradable film* terbaik yang meliputi parameter kuat tarik, persen elongasi, ketebalan, dan persen biodegradasi yang mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan *Japanese Industrial Standards* (JIS). Penelitian ini menggunakan rasio massa pati biji nangka dan biji alpukat sebesar 10:0, 7:3, 5:5, 3:7, dan 0:10 gram, dengan penambahan sorbitol sebesar 10, 11, 12, 13, dan 14 mL. Proses diawali dengan penepungan biji nangka dan alpukat, lalu dilanjutkan dengan pembuatan larutan *biofilm* yang kemudian dicetak dan dikeringkan. Hasil *biofilm* dianalisis menggunakan metode ASTM D638. Kondisi terbaik berdasarkan parameter kuat tarik, nilai elongasi, ketebalan, dan biodegradasi terdapat pada rasio pati biji nangka dan alpukat 10:0 gram dan penambahan sorbitol 14 mL yang menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 36,45 MPa, persen elongasi sebesar 88,1%, ketebalan 0,15 mm, dan persen biodegradasi 86%.

Kata Kunci: Biji alpukat; Biji nangka; *Biodegradable film*; Polimer; Sorbitol

Abstract

Jackfruit and avocado seeds are considered waste, even though they contain high levels of carbohydrates and starches, which are about 56 grams per 100 grams of jackfruit seeds and about 80% of the content of avocado seeds. Both seeds can be used as a polymer-forming network to manufacture biodegradable films. The research focused on obtaining the best biodegradable film that includes tensile strength, percent elongation, thickness, and percent biodegradation parameters that refer to Indonesian National Standard (SNI) and Japanese Industrial Standards (JIS). The study used a mass ratio of jackfruit seed starch and avocado seed of 10:0, 7:3, 5:5, 3:7, and 0:10 grams, added 10, 11, 12, 13, and 14 mL of sorbitol. The process begins with the crushing of jackfruit seeds and avocado seeds, then proceeds with the preparation of a biofilm solution that will be molded and dried. The biofilm results were analyzed using the ASTM D638 method. The best conditions based on the parameters of tensile strength, elongation value, thickness, and biodegradation are found in the ratio of jackfruit and avocado seed starch of 10:0 grams and the addition of 14 mL sorbitol which produces a tensile strength value of 36.45 MPa, an elongation percentage of 88.1%, a thickness of 0.15 mm, and a biodegradation percentage of 86%.

Keywords: Avocado seed; *Biodegradable film*; Jackfruit seed; Polymer; Sorbitol

1. PENDAHULUAN

Plastik memiliki peran penting dalam berbagai aspek kehidupan. Salah satunya sebagai kemasan

makanan dan minuman karena sifatnya yang praktis untuk digunakan, namun meninggalkan sampah yang terbilang besar. Plastik merupakan material polimer

yang dicetak sesuai dengan kegunaannya. Plastik bersifat *non-biodegradable* atau tidak dapat dihancurkan secara alami. Pada akhirnya, terjadi penumpukan sampah plastik dan menimbulkan berbagai masalah, salah satunya yaitu pencemaran tanah dan perairan serta kerusakan lingkungan hidup. Jumlah sampah plastik di Indonesia terus meningkat sekitar 5-6 persen per tahun sejak tahun 2000. Menurut data Asosiasi Industri Plastik Indonesia dan Badan Pusat Statistik pada tahun 2018, sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton per tahun, dan sebanyak 3,2 juta ton di antaranya dibuang ke laut. Penumpukan limbah plastik ini tidak bisa dianggap sebagai masalah kecil karena akan menimbulkan kerusakan lingkungan yang semakin parah. Seiring berjalannya waktu, kebutuhan akan plastik semakin meningkat dan bisa diartikan penumpukan limbah plastik akan semakin meningkat (Meyrena & Amelia, 2020).

Berdasarkan masalah yang diakibatkan oleh plastik konvensional, saat ini mulai dicari penggantinya. Salah satu hal yang dapat dilakukan adalah dengan mulai beralih ke bahan yang ramah lingkungan dan dapat terdegradasi. Plastik ini disebut juga plastik *biodegradable* atau *biodegradable film* yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme. *Biodegradable film* terbuat dari senyawa polimer yang terdapat pada tanaman, yaitu pati. Salah satu sumber pati yang potensial digunakan adalah biji nangka dan biji alpukat. Biji nangka mudah ditemui karena kebanyakan pemanfaatan buah nangka hanya dagingnya saja. Berat biji nangka mencakup sekitar 25-40% dari berat buah nangka. Karbohidrat pada biji nangka mencapai 36,7 gram per 100 gram. Setiap 36,7 gram karbohidrat mengandung pati sebesar 94,5%, lebih tinggi dibanding pada kulit singkong dengan kadar pati 15-20% dan biji durian dengan kandungan pati 18,46% (Demawan, 2020). Biji alpukat saat ini hanya dimanfaatkan daging buahnya saja. Berat biji alpukat mencapai 13% dari berat keseluruhan buah dan memiliki kadar pati sekitar 80,1%, terdiri dari amilosa 43,3% dan amilopektin 36,8% (Afif et al., 2018).

Penelitian oleh Nurrahmi et al., (2020) mempelajari pengaruh penambahan pati biji nangka dan *plasticizer* gliserol terhadap sifat mekanik plastik *biodegradable*. Hasil terbaik pada pati biji nangka sebanyak 10 gram dan penambahan gliserol sebesar 20%. Selanjutnya, studi oleh Dermawan et al., (2020) yang mempelajari pembuatan plastik *biodegradable* dari pati biji nangka dengan penambahan *polyvinyl alcohol* (PVA) dan sorbitol. Penggunaan *plasticizer* memengaruhi elongasi pada *biodegradable film* yang dihasilkan dan didapatkan nilai *tensile strength* dan persen elongasi pada kondisi optimum yaitu sebesar 12,06 MPa dan 11,42%. Kedua peneliti terdahulu berhasil membuat *biodegradable film* dari pati biji nangka dengan tambahan *plasticizer*, namun hasil uji kuat tariknya belum mampu mencapai standar. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pembuatan *biodegradable film* dari pati biji nangka dengan alternatif campuran bahan yang juga memiliki kadar pati yang cukup tinggi, yaitu biji

alpukat. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan *biodegradable film* berkualitas tinggi dari campuran pati biji nangka & alpukat dengan menggunakan *plasticizer* sorbitol, meliputi parameter nilai ketebalan, kuat tarik, nilai elongasi, dan dapat terdegradasi dalam waktu yang singkat sehingga mampu digunakan sebagai pengganti plastik dalam pembungkusan bahan makanan.

Pembuatan biji nangka dan alpukat menjadi *biodegradable film* memerlukan beberapa fase. Fase pertama adalah proses pengambilan pati dari biji nangka sebagai bahan utama dalam pembuatan *biofilm*. *Biofilm* bukan tidak memiliki kelemahan, salah satu kelemahannya adalah sifat mekanisnya yang dinilai tidak cukup kuat apabila dibandingkan dengan plastik konvensional. Sehingga untuk meningkatkan kualitas *biodegradable film* perlu ditambahkan bahan-bahan lain seperti *plasticizer* yang berperan untuk meningkatkan sifat elastis yang dihasilkan (Julianti & Nurminah, 2006). Berbagai macam bahan aditif lainpun dapat ditambahkan dengan tujuan yang sama, yaitu meningkatkan sifat mekanis dari *biodegradable film*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan rasio campuran massa pati biji nangka & alpukat serta sorbitol terhadap sifat mekanis *biodegradable film*.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Bahan

Biji nangka dan biji alpukat didapat dari Pasar Pucang, Surabaya, natrium metabisulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 96,5%, sorbitol cair, kitosan, dan asam asetat (CH_3COOH 98%) dari toko lokal.

2.2 Prosedur Kerja

Penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, UPN "Veteran" Jawa Timur, Surabaya. Tahapan Penelitian dibagi menjadi dua, yaitu tahap penepungan dan pembuatan *biodegradable film*.

2.2.1 Tahap penepungan

Pada tahap penepungan, biji nangka dan alpukat disortir dengan ketentuan memilih biji yang terlihat baik tanpa ada tanda pembusukan, kemudian dilakukan pengupasan dan pemotongan dengan ukuran $\pm 2\text{mm}$. Selanjutnya, biji nangka dan alpukat dicuci dengan air mengalir dan direndam menggunakan natrium metabisulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) 2.000 ppm. Proses ini menghindari pencoklatan (*browning*) akibat aktivitas enzimatis atau pemanasan. Hal ini perlu dicegah karena akan berpengaruh pada warna *biofilm* yang dihasilkan (Yulianti et al., 2023).

Selanjutnya kedua biji tersebut dikeringkan, lalu dilakukan proses penghalusan serta pengayakan dengan ukuran ayakan 80 mesh.

2.2.2 Tahap pembuatan *biodegradable film*

Pembuatan larutan untuk *biodegradable film* diawali dengan membuat larutan kitosan. Kitosan sebanyak 3 gram dilarutkan menggunakan larutan asam asetat 5% sebanyak 50 mL. Pelarutan kitosan menggunakan asam asetat dikarenakan kitosan hanya

bisa larut di dalam pelarut organik (Suryani et al., 2023).

Selanjutnya, pati biji nangka dan alpukat dicampur sesuai dengan rasio massa yang telah ditentukan (10:0, 7:3, 5:5, 3:7, dan 0:10 gram). Pati kemudian dilarutkan dengan akuades hingga 100 mL dan diaduk menggunakan alat pengaduk dengan kecepatan 600 rpm hingga homogen. Larutan pati lalu dicampurkan dengan larutan kitosan yang sebelumnya telah dibuat sebanyak 50 mL, sehingga total larutan sebelum ditambahkan variasi sorbitol adalah 150 mL. Sorbitol dengan variasi 10, 11, 12, 13, dan 14 mL kemudian ditambahkan sambil tetap diaduk menggunakan alat pengaduk pada suhu 70°C selama 30 menit, Suhu 70°C adalah suhu terbaik untuk proses gelatinasi pada pati (Ginting et al., 2014). Larutan terus diaduk hingga homogen, lalu dilakukan pencetakan menggunakan akrilik 15×18×0,5 cm dan dioven selama 6 jam dengan suhu 70°C.

2.3 Analisis Produk

2.3.1 Analisis ketebalan

Pengujian ketebalan dilakukan menggunakan alat pengukur ketebalan yang ketelitiannya sekitar 0,01 mm. Penilaiannya diambil pada lima titik per sampelnya. Hasil analisis merupakan rata-rata dari kelima titik tersebut.

2.3.2 Analisis kuat tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan menggunakan mesin uji universal. Data yang diperoleh adalah beban tarik maksimal *biofilm* sebelum mengalami putus.

2.3.3 Analisis elongasi

Hasil uji kuat tarik digunakan dalam perhitungan elastisitas *biodegradable film* dengan menggunakan perhitungan persen elongasi. Data yang dibutuhkan adalah pertambahan panjang sebelum *biodegradable film* mengalami putus. Perhitungan dilakukan mengikuti persamaan:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad (1)$$

Dengan ketentuan ε untuk persen kemuluran, Δl untuk pertambahan panjang *biofilm* dalam milimeter, dan l_0 untuk pertambahan panjang *biofilm* dalam milimeter.

2.3.4 Analisis biodegradasi

Pengujian biodegradasi dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme tanah dengan metode pengujian penguburan tanah. Sampel ditanam pada tanah terbuka dengan kondisi pH normal. Penguburan dilakukan selama 7 hari dengan target setidaknya *biofilm* sudah terdekomposisi di atas 60% berat awal (Nurhidayah et al., 2023). Perhitungan dilakukan mengikuti persamaan:

$$\% = \frac{\text{berat awal} - \text{berat akhir}}{\text{berat awal}} \times 100\% \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Kuat Tarik

Berdasarkan Tabel 1, diperoleh nilai kuat tarik terbesar pada rasio massa pati nangka:alpukat 10:0 dengan penambahan volume sorbitol 10 mL yaitu

sebesar 41,8 MPa dan nilai terendah pada rasio massa pati nangka:alpukat 5:5 dengan penambahan volume sorbitol 14 mL yaitu sebesar 11,9 MPa. Berdasarkan SNI, hasil yang diperoleh telah sesuai dengan standar dimana nilai minimum kuat tarik dari plastik adalah sebesar 24,7 MPa. Penambahan sorbitol akan menurunkan kuat tarik dari *biodegradable film*. Hal ini telah sesuai dengan penelitian sebelumnya bahwa semakin tinggi penambahan konsentrasi sorbitol, maka kuat tarik yang dihasilkan akan semakin rendah. Penurunan ini terjadi sebab *plasticizer* dapat melemahkan daya tarik intra-molekul dalam rantai polimer. Penurunan kekuatan tarik pada *biodegradable film* berkaitan dengan tingginya konsentrasi *plasticizer* yang digunakan, karena kandungan *plasticizer* yang tinggi dapat meningkatkan fleksibilitas namun mengurangi kekuatan tarik material (Rosadi et al., 2024). Selain itu, penggunaan sorbitol sebagai *plasticizer* juga berkontribusi pada peningkatan kelenturan film *biodegradable film*, yang pada gilirannya menurunkan kekakuan serta kekuatan tariknya (Ramdhani et al., 2022).

Biji nangka mengandung amilosa dan amilopektin di angka 16,39 dan 53,85% (Ermawati & Hartanto, 2020), sedangkan biji alpukat memiliki kandungan amilosa dan amilopektin di angka 43,3% dan 36,8% (Handayani & Haryanto, 2020). Kandungan amilosa dan amilopektin pada kedua jenis biji ini berpengaruh pada karakteristik *biofilm* yang dihasilkan. Secara teoritis, biji nangka akan menghasilkan *biofilm* yang lebih lentur dibanding *biofilm* dari biji alpukat dikarenakan kandungan amilopektinnya, sedangkan *biofilm* dari biji alpukat akan menghasilkan karakteristik yang lebih kaku dan kuat jika dibandingkan dengan *biofilm* dari biji nangka dikarenakan kandungan amilosanya, campuran kedua pati ini seharusnya menghasilkan *biofilm* yang dapat saling melengkapi secara karakteristik. Namun, ada hal lain yang juga berpengaruh pada karakteristik *biofilm* yang dihasilkan seperti struktur granul pati dan kandungan lemak. Struktur granul pati yang lebih terorganisir pada biji nangka mendukung pembentukan film yang homogen dan berdaya tahan mekanik lebih baik. Kandungan lemak pada biji alpukat dapat mengganggu pembentukan jaringan film yang kuat. Sementara pada campuran keduanya menghasilkan film dengan struktur yang kurang seragam, sehingga kekuatan tariknya tidak sebaik *biofilm* dari pati biji nangka murni (Lubis et al., 2017).

Tabel 1. Kuat tarik *biodegradable film*

Campuran Pati	Kuat Tarik (MPa)				
	Sorb 10 mL	Sorb 11 mL	Sorb 12 mL	Sorb 13 mL	Sorb 14 mL
10:0	41,8	38,5	37,8	37,0	36,4
7:3	30,1	27,7	26,8	26,4	26,2
5:5	20,1	16,3	19,2	15,5	11,9
3:7	16,2	15,5	15,3	15,0	25,4
0:10	36,1	31,6	29,7	28,3	28,1



Gambar 1. Sampel uji kuat tarik dan elongasi sesuai ASTM D638

3.2 Uji Elongasi

Standar lain yang diperhatikan dalam uji *biodegradable film* adalah persen elongasi atau kemuluran. Penambahan pati dan sorbitol akan menaikkan nilai kuat tarik akan tetapi menurunkan persentase elongasi. Berdasarkan Tabel 2, diperoleh nilai persentase elongasi terbesar pada rasio massa pati angka:alpukat 10:0 dengan penambahan volume sorbitol 14 mL, yaitu sebesar 88,16% dan nilai terendah pada rasio massa pati angka:alpukat 3:7 dengan penambahan volume sorbitol 10 mL yaitu sebesar 38,56%. Berdasarkan SNI, hasil yang diperoleh telah sesuai dimana nilai minimum persentase elongasi adalah berkisar 20-22%. Penambahan sorbitol akan menaikkan persentase elongasi dari *biofilm*. Penelitian sebelumnya menemukan bahwa peningkatan konsentrasi sorbitol sejalan dengan meningkatnya persentase elongasi. Semakin banyak sorbitol yang ditambahkan, struktur jaringan biofilm mengalami peregangan pada ruang antar molekul, yang meningkatkan fleksibilitas dan menghasilkan nilai pemanjangan yang lebih tinggi (Ramdhani et al., 2022).

Pati dari biji nangka mengandung amilosa dan amilopektin dalam jumlah yang lebih besar dibandingkan dengan pati dari biji alpukat. Interaksi antara amilosa dan amilopektin membentuk ikatan hidrogen dalam *biodegradable film*, yang membuat struktur rantainya semakin kuat dan sulit diputus. Akibatnya, *biodegradable film* yang dihasilkan menjadi lebih padat dan kaku. Karena elongasi berbanding terbalik dengan kekuatan tarik, maka semakin rendah kandungan amilosa dan amilopektin, semakin tinggi pula nilai persen elongasinya (Afif et al., 2018). Biofilm yang disusun dari pati biji nangka menunjukkan nilai elongasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan biofilm dari pati biji alpukat maupun campurannya, yang dapat dikaitkan dengan kandungan amilopektin yang relatif tinggi pada pati biji nangka. Amilopektin, sebagai polisakarida bercabang, berkontribusi terhadap sifat elastis dan fleksibel dari matriks film, karena memungkinkan mobilitas rantai polimer yang lebih besar di bawah tegangan mekanik. Selain itu, granul pati biji nangka yang memiliki ukuran dan distribusi yang lebih seragam mendukung pembentukan struktur film yang lebih homogen dan plastis. Sebaliknya, keberadaan lipid dalam pati biji alpukat dapat mengganggu pembentukan jaringan polimer yang kohesif, sehingga menurunkan fleksibilitas film.

Sementara itu, pencampuran kedua jenis pati cenderung menghasilkan interaksi molekuler yang kurang optimal, yang berdampak pada penurunan kemampuan elongasinya (Dewi et al., 2024).

Tabel 2. Elongasi *biodegradable film*

Campuran Pati	Elongasi (%)				
	Sorb 10 mL	Sorb 11 mL	Sorb 12 mL	Sorb 13 mL	Sorb 14 mL
10:0	72,8	77,6	82,4	82,4	86,2
7:3	76,6	76,9	77,7	77,9	78,2
5:5	44,9	46,1	47,5	51,4	52,1
3:7	38,6	40,2	42,2	44,9	74,9
0:10	41,6	47,2	47,2	52,2	55,5

3.3 Uji Ketebalan

Standar lain yang diperhatikan dalam uji *biofilm* adalah ketebalan. Ketebalan *biofilm* dianalisis menggunakan mikrometer digital yang memiliki ketelitian 0,01 mm. Berdasarkan Tabel 3 diperoleh nilai ketebalan paling tinggi terdapat pada rasio massa pati angka:alpukat 7:3 dengan penambahan volume sorbitol 10 mL dan 3:7 dengan penambahan volume sorbitol sebanyak 12 mL, yaitu sebesar 0,25 mm. Sedangkan nilai terendah pada rasio massa pati angka:alpukat 10:0 dengan penambahan volume sorbitol 11 mL dan 14 mL yaitu sebesar 0,15 mm. Hasil ini telah sesuai dengan standar JIS (*Japanese Industrial Standards*) yaitu maksimal 0,25 mm. Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa nilai ketebalan terbesar diperoleh dari *biodegradable film* dengan penambahan pati biji nangka lebih banyak daripada pati biji alpukat karena memiliki kandungan amilosa dan amilopektin yang lebih tinggi daripada biji alpukat. Ketebalan biofilm yang dihasilkan dari pati biji nangka, pati biji alpukat, dan campurannya sangat dipengaruhi oleh kandungan amilosa dan amilopektin masing-masing. Pati biji nangka, yang mengandung lebih banyak amilosa, cenderung membentuk film yang lebih padat dan kompak karena amilosa merupakan polimer linier yang dapat saling berikatan erat melalui ikatan hidrogen, menghasilkan film dengan ketebalan yang lebih tipis dan struktur yang rapat. Sebaliknya, pati biji alpukat yang memiliki kadar amilopektin dan lemak yang lebih tinggi menghasilkan film yang lebih tebal dan kurang padat, karena amilopektin yang bercabang membentuk jaringan film yang lebih longgar dan fleksibel, ditambah dengan lemak yang dapat mengurangi kohesi antar rantai pati. Biofilm yang terbuat dari campuran kedua pati ini biasanya memiliki ketebalan yang berada di antara pati biji nangka dan pati biji alpukat, tergantung pada proporsi masing-masing pati, dengan kemungkinan struktur yang kurang seragam akibat perbedaan sifat fungsional antara kedua jenis pati tersebut (Luchese et al., 2015).

Penambahan sorbitol juga berpengaruh dalam ketebalan *biodegradable film*. Peningkatan konsentrasi *plasticizer* akan menyebabkan bertambahnya ketebalan *biodegradable film* yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya jumlah gugus hidroksil

pada sorbitol, yang mampu berinteraksi dengan gugus hidroksil pada pati melalui pembentukan ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen serta ikatan polimer yang terbentuk memengaruhi jumlah total padatan dalam *biodegradable film*; semakin banyak padatan yang terbentuk, maka ketebalan *biodegradable film* juga akan semakin besar (Desramadhani & Kusuma, 2023). Selain itu, pencetakan secara manual juga memengaruhi hasil ini, pencetakan dilakukan menggunakan cetakan akrilik dengan ukuran 15×18×0,5 cm. Proses penuangan dan perataan larutan biofilm pada cetakan sangat memengaruhi ketebalan biofilm yang dihasilkan.

Tabel 3. Ketebalan *biodegradable film*

Campuran Pati	Ketebalan (mm)				
	Sorb 10	Sorb 11	Sorb 12	Sorb 13	Sorb 14
	mL	mL	mL	mL	mL
10:0	0,18	0,15	0,17	0,17	0,15
7:3	0,25	0,19	0,18	0,23	0,17
5:5	0,19	0,20	0,22	0,21	0,21
3:7	0,22	0,23	0,25	0,24	0,24
0:10	0,18	0,17	0,16	0,19	0,18



Gambar 2. *Biodegradable film* dari campuran pati biji nangka dan alpukat

3.4 Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi pada *biodegradable film* merupakan pengujian untuk mengetahui kemampuan bahan untuk terdegradasi atau terurai sempurna di lingkungan. Pada penelitian ini, pengujian *biodegradable film* dilakukan dengan memendam sampel pada tanah dalam waktu tertentu. Berdasarkan Tabel 4 diperoleh nilai degradasi tertinggi pada rasio biji nangka:alpukat 0:10 & 5:5 dengan penambahan sorbitol 14 mL dimana *biodegradable film* telah mulai terdegradasi pada hari ke-7. Hasil pengamatan yang diperoleh membuktikan bahwa *biodegradable film* berbahan pati biji nangka dan alpukat ramah lingkungan. *Biodegradable film* ini mampu diuraikan oleh mikroorganisme menjadi monomer atau polimer berukuran lebih kecil. Pengujian biodegradabilitas dilakukan untuk mengetahui seberapa cepat *biodegradable film* terurai di dalam tanah oleh aktivitas mikroorganisme. Tanah mengandung berbagai jenis mikroorganisme serta berinteraksi langsung dengan

elemen lingkungan seperti air dan udara, yang turut mendukung proses degradasi.

Berdasarkan Tabel 4 terlihat adanya hubungan linear di mana peningkatan konsentrasi sorbitol berbanding lurus dengan meningkatnya persentase biodegradasi. Hal ini menunjukkan bahwa sorbitol memiliki peran dalam mempercepat proses degradasi *biodegradable film*. Semakin tinggi konsentrasi sorbitol yang ditambahkan, semakin cepat *biodegradable film* mengalami degradasi (Afdal & Hasri, 2022). Sorbitol dapat mempercepat proses biodegradasi biofilm di tanah melalui beberapa mekanisme. Sebagai senyawa higroskopis, sorbitol mampu meningkatkan kelembaban lingkungan sekitar biofilm, yang mendukung aktivitas mikroorganisme pengurai yang membutuhkan kondisi lembab untuk proses degradasi. Selain itu, sorbitol bertindak sebagai *plasticizer* yang meningkatkan kelenturan dan fleksibilitas matriks biofilm, mengurangi kekakuan, dan memfasilitasi akses mikroorganisme terhadap struktur biofilm. Perubahan pada struktur fisik dan kimiawi biofilm yang disebabkan oleh sorbitol menjadikannya lebih rentan terhadap degradasi enzimatik oleh mikroorganisme tanah. Selain itu, sorbitol juga dapat berfungsi sebagai sumber karbon bagi beberapa mikroorganisme, yang meningkatkan aktivitas mereka dalam pemecahan komponen-komponen biofilm. Semua faktor ini berkontribusi pada percepatan proses biodegradasi biofilm di dalam tanah (Ma'arif et al., 2020).

Tabel 4. Biodegradasi *biodegradable film*

Campuran Pati	Biodegradasi (%)				
	Sorb 10	Sorb 11	Sorb 12	Sorb 13	Sorb 14
	mL	mL	mL	mL	mL
10:0	66,7	70,0	75,4	82,0	86,0
7:3	62,5	73,6	77,5	80,0	86,5
5:5	66,7	72,0	79,7	85,7	87,5
3:7	66,7	71,4	76,0	83,3	87,0
0:10	65,0	74,7	77,5	80,0	87,5

3.5 Penentuan Kondisi Terbaik

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dijalankan sesuai dengan variabel yang sudah ditentukan yaitu rasio massa campuran pati biji nangka:alpukat 10:0, 7:3, 5:5, 3:7, 0:10 gram dan volume sorbitol sebanyak 10, 11, 12, 13, dan 14 mL. Didapatkan hasil terbaik untuk nilai kuat tarik pada rasio massa pati nangka:alpukat 10:0 gram dengan volume sorbitol 10 mL yaitu sebesar 41,8 MPa. Untuk nilai persen kemuluran atau elongasi terbaik pada rasio massa pati nangka:alpukat 10:0 gram dengan volume sorbitol 14 mL yaitu sebesar 88,1%. Untuk nilai ketebalan didapatkan hasil terbaik pada rasio massa pati 10:0 gram dengan penambahan volume sorbitol 11 dan 14 mL di angka 0,15 mm. Selanjutnya, untuk parameter terakhir yaitu nilai biodegradasi didapatkan hasil terbaik pada rasio massa pati nangka:alpukat 0:10 dan 5:5 gram dengan penambahan volume sorbitol 14 mL di angka 87,5% dalam 7 hari.

Hasil terbaik dari penelitian ini diambil pada rasio massa pati nangka:alpukat 10:0 gram dengan penambahan volume sorbitol 14 mL dengan nilai uji kuat tarik 36,45 MPa, persen elongasi sebesar 88,1%, ketebalan 0,15 mm, dan persen biodegradasi 86%. Pemilihan didasarkan pada hasil uji sampel *biofilm* ini yang paling mendekati secara karakteristik pada *output biofilm* yang diharapkan sebagai alternatif pengganti plastik sebagai pembungkus bahan makanan atau bumbu (kering, bubuk). Pemilihan ini mengacu pada perbandingan nilai karakteristik antara SNI plastik konvensional dan SNI *biodegradable film*. Khusus untuk nilai ketebalan, didasarkan atas JIS dikarenakan untuk pencetakan manual tidak memungkinkan untuk mencapai nilai ketebalan di bawah 0,1 mm.

4. KESIMPULAN

Karakteristik *biodegradable film* yang diperoleh dengan analisis kuat tarik, elongasi, ketebalan, dan nilai biodegradasi sudah memenuhi mutu Standar Nasional Indonesia dan *Japanese Industrial Standards*. Kondisi terbaik dari variabel yang telah dijalankan terdapat pada rasio pati biji nangka dan alpukat 10:0 gram dan penambahan sorbitol 14 mL yang menghasilkan nilai kuat tarik sebesar 36,45 MPa, persen elongasi sebesar 88,1%, ketebalan 0,15 mm, dan persen biodegradasi 86%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterimakasih kepada Allah Tuhan semesta alam, atas karunia-Nya penelitian ini terselesaikan. Penulis juga menghaturkan terima kasih kepada dosen pembimbing, serta terimakasih juga kepada pihak lain terutama keluarga maupun sahabat yang memberikan dukungan moril dalam penyelesaian penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Afdal, K., & Hasri, N. (2022). Pengaruh konsentrasi sorbitol sebagai plasticizer pada pembuatan plastik biodegradable dari tongkol jagung. *Jurnal Chemica*, 23(1), 67-77.
- Afif, M., Wijayati, N., & Mursiti, S. (2018). Pembuatan dan karakterisasi bioplastik dari pati biji alpukat-kitosan dengan plasticizer sorbitol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 7(2), 102-109.
- Dewi, R., Sylvia, N., Zulnazri, Z., Fithra, H., Riza, M., Siregar, J. P., ... & Anis, S. (2024). The optimization of avocado-seed-starch-based degradable plastic synthesis with a polylactic acid (PLA) blend using response surface methodology (RSM). *Polymers*, 16(16), 2384.
- Dermawan, K., Lestari, R. A. S., & Kasmiyatun, M. (2020). Pembuatan plastik biodegradable dari pati biji nangka dengan penambahan polyvinyl alcohol (PVA) dan sorbitol. *CHEMTAG Journal of Chemical Engineering*, 1(1), 18-23.
- Desramadhani, R., & Kusuma, S. B. W. (2023). The effect of sorbitol concentration on the characteristics of starch-based bioplastics. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 12(2), 130-142.
- Ermawati, U., & Haryanto, H. (2020, December). Pengaruh penambahan kitosan dan gliserol terhadap karakteristik film bioplastik dari pati biji nangka. In *Prosiding University Research Colloquium* (pp. 101-106).
- Ginting, M. H. S., Sinaga, R. F., Hasibuan, R., & Ginting, G. (2014). Pengaruh variasi temperatur gelatinisasi pati terhadap sifat kekuatan tarik dan pemanjangan pada saat putus bioplastik pati umbi talas. *Prosiding Semnastek*.
- Handayani, J., & Haryanto, H. (2020, December). Pengaruh penambahan kitosan dan sorbitol pada pembuatan film bioplastik dari biji alpukat terhadap karakteristik bioplastik. In *Prosiding University Research Colloquium* (pp. 41-47).
- Julianti, E., & Nurminah, M. (2006). Teknologi pengemasan. *Bahan Ajar Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara*.
- Lubis, M., Harahap, M. B., Manullang, A., Ginting, M. H. S., & Sartika, M. (2017). Utilization starch of jackfruit seed (*Artocarpus heterophyllus*) as raw material for bioplastics manufacturing using sorbitol as plasticizer and chitosan as filler. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 801, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.
- Luchese, C. L., Frick, J. M., Patzer, V. L., Spada, J. C., & Tessaro, I. C. (2015). Synthesis and characterization of biofilms using native and modified pinhão starch. *Food Hydrocolloids*, 45, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.024>
- Ma'arif, L., Fitrass, U., & Sedyadi, E. (2020, April). Bioplastic biodegradation based on ganyong umbi states with addition of sorbitol and CMC (Carboxy Methyl Cellulose) in soil media. In *Proceeding International Conference on Science and Engineering* (Vol. 3, pp. 429-435).
- Meyrena, S. D., & Amelia, R. (2020). Analisis pendayagunaan limbah plastik menjadi ecopaving sebagai upaya pengurangan sampah. *Indonesian Journal of Conservation*, 9(2), 96-100.
- Nurhidayah, P., Fajarwati, Y. E., & Fitri, A. C. K. (2023). Analisa uji biodegradasi bioplastik dari pati kulit singkong dengan variasi volume gliserol, selulosa jerami padi dan kitosan. In *Prosiding SENTIKUIN (Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur)* (Vol. 6, pp. A6-1).
- Nurrahmi, S., Nuraisyah, S., & Hernawati, H. (2020). Pengaruh penambahan pati dan plasticizer gliserol terhadap sifat mekanik plastik biodegradable. *JFT: Jurnal Fisika dan Terapannya*, 7(2), 128-138.
- Ramdhani, R., Amalia, V., & Junitasari, A. (2022, December). Pengaruh konsentrasi sorbitol terhadap karakteristik edible film pati kentang (*Solanum tuberosum* L.) dan pengaplikasiannya pada dodol nanas. In *Gunung Djati Conference Series* (Vol. 15, pp. 103-111).
- Rosadi, E., Ridlo, A., & Sunaryo, S. (2024). Penambahan plasticizer sorbitol terhadap karakteristik bioplastik dari limbah Dekaragenan *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex PC Silva, 1966. *Journal of Marine Research*, 13(4), 595-606.

- Suryani, S., Abdullah, N. A., Akib, N. I., Ruslin, R., Ramadhan, L. O. A. N., Anton, A., & Aswan, M. (2023). Optimasi depolimerisasi kitosan menggunakan asam asetat dengan variasi suhu, waktu, dan konsentrasi. *Jurnal Mandala Pharmacon Indonesia*, 9(2), 364-373.
- Yulianti, M., Jalaluddin, J., Muarif, A., Dewi, R., & Hakim, L. (2023). Pengaruh lama perendaman biji nangka dalam natrium metabisulfit ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) dengan metode pengeringan terhadap kualitas tepung biji nangka. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*, 3(3), 322-327.