

EFFECT OF GELATINIZATION ACIDITY ON BIOPLASTIC SYNTHESIS OF GLUTINOUS RICE STARCH REINFORCED BY BAMBOO LEAF POWDER

PENGARUH TINGKAT KEASAMAN GELATINISASI PADA SINTESIS BIOPLASTIK DARI PATI KETAN BERPENGUAT SERBUK DAUN BAMBU

Uma Fadzilia Arifin^{1*}

¹Department of Plastic and Rubber Processing Technology, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

* Corresponding author: umafadzilia67@gmail.com

Abstract:

Bioplastic is organic-based plastics that offers eco-friendly and safe for human health properties. The plastic versatility in life requires the sustainable development of bioplastic synthesis to be carried out to produce bioplastics that can replace the function of plastics. One alternative for bioplastic synthesis is to produce biocomposite of glutinous rice starch reinforced by bamboo leaf powder. The parameters of bioplastic synthesis process have important role to produce bioplastics with certain characteristics. This research aims to study the effect of gelatinization acidity on bioplastics synthesis from glutinous rice flour reinforced by bamboo leaf powder. The gelatinization process in bioplastic production was carried out under various acidity degree (pH 3, 4, 5, 6, and 7). The results showed that the recommended gelatinization process was under acidic conditions (pH 5) to obtain viscosity value was 208 cm²/s, water content was 34.27% and density was 1.326 g/mL. In addition, the pH value of 5 in gelatinization process also obtained tensile strength was 3.118 MPa and elongation percentage was 36.111% of bioplastic. Therefore, it can be concluded that the acidity of the gelatinization process affects the quality of the bioplastic produced.

Keywords: acidity degree, bioplastic, glutinous flour, bamboo leaf powder.

Intisari:

Bioplastik merupakan plastik berbasis organik yang menawarkan sifat ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia. Kesenambagunaan plastik dalam segala bidang kehidupan mengharuskan pengembangan sintesis bioplastik dilakukan secara berkelanjutan sehingga mampu menghasilkan bioplastik yang mampu menggantikan fungsi plastik tersebut. Salah satu alternatif sintesis bioplastik yaitu dengan membuat komposit dari pati ketan berpenguat serbuk daun bambu. Parameter proses sintesis bioplastik memegang peranan penting untuk menghasilkan bioplastik dengan karakteristik tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh parameter proses pengadukan yaitu tingkat keasaman pada sintesis bioplastik dari pati ketan berpenguat serbuk daun bambu. Tahap gelatinisasi pada proses sintesis bioplastik dilakukan dengan variasi tingkat keasamaan pH 3, 4, 5, 6, dan 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses gelatinisasi yang direkomendasikan yaitu pada keadaan asam (pH 5) untuk memperoleh nilai viskositas 208 cm²/s, kadar air 34,27% dan densitas 1,326 g/ mL. Selain itu, harga pH 5 pada proses gelatinisasi juga menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik

sebesar 3,118 MPa dan nilai elongasi 36,294%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tingkat keasaman proses gelatinisasi berpengaruh terhadap kualitas mutu bioplastik yang dihasilkan.

Kata kunci: tingkat keasaman, bioplastik, pati ketan, serbuk daun bamboo

Pendahuluan

Penggunaan produk berbahan plastik mengalami peningkatan signifikan setiap harinya. Hal ini karena plastik memberikan kemudahan perolehan, keserbagunaan, kebermanfaatannya dan harga yang relatif murah di pasaran. Ketergantungan masyarakat terhadap penggunaan plastik menyebabkan industri plastik tumbuh dengan pesat. Industri makanan dan minuman merupakan pengguna plastik utama di Indonesia yaitu sekitar 60% dari plastik yang diproduksi. Namun, sebagian besar produk plastik yang digunakan sebagai kemasan sulit didaur ulang sehingga akan menjadi sampah dan hanya dibuang ke lingkungan (Ministry of Environment and Forestry, 2020). Sampah plastik yang dibuang akan mencemari lingkungan. Plastik merupakan polimer yang sebagian besar berasal dari industri petrokimia yang tidak dapat diperbaharui dimana fraksi turunannya memiliki sifat sulit terurai oleh mikroorganisme [2,3]. Akumulasi plastik di lingkungan dalam jangka waktu yang lama dapat berdampak negatif terhadap lingkungan [4]. Selain itu, beberapa zat aditif yang ditambahkan selama produksi produk dari plastik bersifat racun yang dapat bermigrasi ke produk makanan sehingga dapat menyebabkan beragam masalah kesehatan bagi manusia [5]. Salah satu solusi untuk menekan penggunaan plastik *non-biodegradable* yaitu dengan menggunakan plastik berbasis polimer organik yang disebut bioplastik.

Keserbagunaan plastik dalam segala bidang kehidupan mengharuskan pengembangan sintesis bioplastik dilakukan secara berkelanjutan sehingga mampu menghasilkan bioplastik yang mampu menggantikan fungsi plastik tersebut. Bioplastik merupakan polimer yang disintesis dari sumber daya alam hayati (*renewable source*) dengan sifat yang merujuk pada plastik konvensional [2]. Bioplastik menawarkan sifat ramah lingkungan dan aman bagi kesehatan manusia. Bioplastik mudah terurai oleh mikroorganisme dalam waktu yang relatif lebih singkat sehingga aman jika dibuang langsung ke lingkungan [7]. Selain itu, bioplastik aman bagi manusia karena material utama penyusunannya berbasis organik seperti polisakarida, protein atau lipid [8]. Penelitian dan inovasi tentang bioplastik terus berkembang sebagai upaya untuk isu lingkungan merupakan faktor utama yang mendasari terus berkembangnya penelitian dan inovasi tentang bioplastik. Salah satu material yang populer dalam pembuatan bioplastik yaitu pati dari hasil pertanian. Bioplastik berbasis pati memiliki beberapa keunggulan, seperti mudah diperoleh, biaya rendah, dapat diperbaharui, biodegradabilitas, dan mudah diproses [10].

Pati ketan (*Oryza sativa glutinosa*) merupakan salah satu hasil pertanian yang mudah diperoleh di Indonesia dengan harga relatif murah. Pati mengandung amilosa dan amilopektin yang merupakan salah satu material penentu kualitas mutu bioplastik [11]. Amilopektin dapat mempengaruhi kestabilan bioplastik, sedangkan amilosa berpengaruh terhadap kelenturan dan kekuatan [12]. Pati ketan putih mengandung amilosa sebesar 1-2% dan amilopektin sebesar 98-99% sehingga dapat menjadi salah satu material utama sintesis bioplastik [13]. Namun, bioplastik berbasis pati memiliki sifat yang rapuh sehingga membutuhkan tambahan zat aditif untuk meningkatkan sifat fisis dan mekanisnya seperti *plasticizer* dan *filler* [14]. Salah satu zat aditif yang dapat digunakan sebagai penguat bioplastik yaitu silika [14,15]. Daun bambu merupakan salah satu limbah pertanian yang potensial sebagai sumber silika [16]. Daun bambu memiliki kandungan silika sekitar 17 -23 % lebih tinggi dari kandungan silika pada sekam padi

yang hanya 9,3-13,5% [17]. Oleh karena itu, pati ketan dapat dimanfaatkan sebagai matrik dan serbuk daun bamboo sebagai *filler* pada proses sintesis bioplastik.

Selain material penyusunnya, parameter proses selama proses sintesis bioplastik juga memegang peranan penting terhadap karakteristik bioplastik yang dihasilkan. Proses sintesis bioplastik terdiri dari proses pencampuran, gelatinisasi dan pencetakan [17]. Proses gelatinisasi selain dipengaruhi oleh jenis pati dan zat aditif lain seperti *plasticizer* juga dipengaruhi oleh tingkat keasaman (pH), waktu, suhu dan kecepatan pengadukan [19,20].

Beberapa penelitian terkait parameter proses sintesis bioplastik telah dilakukan. Namun belum ada penelitian yang merujuk pada analisa parameter proses tingkat keasaman pada sintesis bioplastik pati ketan berpenguat serbuk daun bambu. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh keasaman selama proses gelatinisasi terhadap kemampuan proses seperti viskositas, densitas dan kadar air gel bioplastik berbasis pati ketan berpenguat serbuk daun bambu. Penentuan kemampuan proses gel bioplastik berguna untuk menentukan suhu dan waktu pada proses pencetakan dan pengeringan bioplastik serta memprediksi karakteristik bioplastik yang diharapkan.

Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan untuk sintesis bioplastik pada penelitian ini yaitu beras ketan yang diperoleh dari pasar tradisional Yogyakarta yang akan diambil patinya. Limbah daun bambu kering dari perkebunan di daerah Rembang sebagai *filler*. Selain itu, aquades dan gliserol (food grade, UniChem Candi Indonesia) digunakan sebagai bahan pendukung lain. Sedangkan alat yang digunakan antara lain *beaker glass*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, cetakan petridish, dan oven laboratorium.

Metode

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu persiapan material, sintesis bioplastik dan pengukuran kemampuan proses gel bioplastik dan pengujian sifat organoleptik bioplastik. Persiapan material meliputi pembuatan pati ketan dan serbuk daun bambu. Sintesis bioplastik dilakukan dengan menvariasikan tingkat keasaman pada proses gelatinisasi bioplastik. Sedangkan pengukuran kemampuan proses gel bioplastik dilakukan untuk mengetahui nilai viskositas, densitas dan kadar air gel bioplastik yang berguna untuk memprediksi sifat fisik dan mekanik bioplastik yang akan dihasilkan. Sifat mekanik bioplastik yang diuji pada penelitian ini yaitu kuat tarik dan elongasi (perpanjangan putus)

Pembuatan Pati Ketan

Beras ketan sebanyak 10 kg dicuci hingga bersih menggunakan air mengalir. Beras ketan yang bersih selanjutnya direndam menggunakan aquades selama 18 jam. Beras ketan hasil perendaman kemudian diblender dan disaring menggunakan kain. Hasil penyaringan tersebut diendapkan selama 3 jam. Hasil endapan dioven pada suhu 50°C selama 8 jam. Pati ketan hasil pengovenan selanjutnya dihaluskan dan diayak menggunakan *sieving* berukuran 40 mesh (B. Hartesi, dkk., 2021).

Pembuatan Serbuk Daun Bambu

Limbah daun bambu dari perkebunan di daerah Rembang dipilah dan dicuci menggunakan air mengalir untuk membersihkan dari kotoran kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Daun bambu kering tersebut diblender untuk menghasilkan serbuk daun bambu. Serbuk daun bambu selanjutnya disaring menggunakan *sieving* berukuran 100 mesh.

Sintesis Bioplastik Pati Ketan Berpenguat Daun Bambu

Pembuatan bioplastik pati ketan berpenguat serbuk daun bambu merujuk pada metode pembuatan komposit bioplastik dengan beberapa modifikasi [warsiki]. Proses sintesis diawali dengan pendispersian serbuk daun bambu sebanyak 3% (b/b) pati ketan dalam 100 ml aquades selama 180 menit. Pati ketan ditambahkan secara bertahap dalam campuran aquades dan serbuk daun bambu di atas *hot plate* dengan suhu $73 \pm 5^\circ\text{C}$ dan kecepatan pengadukan 436 rpm. Proses pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Selama proses pengadukan ditambahkan gliserol (30% volume gliserol/ berat pati ketan) dan asam asetat yang divariasikan untuk menghasilkan variasi pH 3,4,5,6 dan 7. Gel bioplastik hasil proses gelatinisasi tersebut sebelum dicetak dan dikeringkan kemudian dilakukan pengujian kemampuan proses seperti uji viskositas, densitas dan kadar air [14].

Pengukuran Kemampuan Proses Gel Bioplastik

Uji Viskositas.

Nilai viskositas menunjukkan tingkat kekentalan suatu material [22]. Semakin tinggi nilai viskositas menyatakan semakin kental pula material tersebut. Pengukuran nilai viskositas pada gel bioplastik dengan variasi pH pada proses gelatinisasi dilakukan dengan menggunakan *viscometer Ostwald* [23].

Uji Densitas.

Nilai densitas menunjukkan besarnya kerapatan massa suatu material yang dipengaruhi oleh volumenya. Pengukuran nilai densitas gel bioplastik hasil proses gelatinisasi menggunakan *picnometer* [23].

Uji Kadar Air.

Nilai kadar air menyatakan banyaknya kandungan air yang terkandung dalam suatu material. Pengukuran kadar air pada gel bioplastik hasil gelatinisasi menggunakan metode gravimetri. Pengukuran dilakukan melalui pengeringan bioplastik pada suhu 105°C selama 10 jam menggunakan oven dengan dihitung massa awal (m_1) dan massa akhir (m_2) sampel secara periodik hingga nilainya konstan [24]. Rumus persentase kadar air suatu material dapat dinyatakan pada persamaan 1.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \% \quad (1)$$

Uji Sifat Mekanik Bioplastik. Sifat mekanik menunjukkan sifat suatu material jika dikenai gaya baik berupa tarikan, regangan maupun dorongan. Beberapa sifat mekanik bioplastik yang dapat menggambarkan mutu bioplastik anatara lain kuat tarik dan elongasi (perpanjangan putus).

a. Kuat Tarik

Pengujian kuat tarik pada specimen bioplastik dilakukan menggunakan Universal testing Machine (Shimadzu, Japan) dengan merujuk pada standar ASTM D 695-90 [20]. Selama proses pengujian, specimen ditarik oleh *load cell* dengan kecepatan tertentu hingga putus. Gaya maksimum yang dibutuhkan sampai specimen tepat sebelum putus dinyatakan sebagai F_{\max} yang kemudian dibandingkan dengan luas spesimen (A) untuk memperoleh nilai kuat tarik . Persamaan matematis kuat tarik dinyatakan pada persamaan 2.

$$\tau \text{ (MPa)} = \frac{F_{\max}}{A} \quad (2)$$

b. Perpanjangan Putus (Elongasi)

Elongasi menunjukkan perpanjangan material ketika diregangkan atau ditarik hingga putus/ patah. Nilai elongasi diperoleh bersamaan dengan pengukuran kuat tarik, dimana

nilai elongasi mengukur pertambahan panjang specimen (ΔL) dan panjang specimen awal (L_0). Persamaan matematis elongasi dirumuskan pada persamaan 3 [14].

$$E (\%) = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (3)$$

Hasil dan Pembahasan

Tujuan penelitian ini yaitu untuk mempelajari pengaruh tingkat keasaman (pH) proses gelatinisasi terhadap kemampuan proses gel bioplastik dan karakteristik mekanik bioplastik pati ketan berpenguat serbuk daun. Kemampuan proses gel bioplastik yang dimaksud yaitu sifat gel bioplastik yang dapat digunakan untuk memprediksi suhu dan waktu pencetakan dan pengeringan bioplastik serta kualitas mutu bioplastik yang dihasilkan. Kemampuan proses gel bioplastik tersebut antara lain viskositas, densitas dan kadar air gel bioplastik. Sedangkan karakteristik mekanik bioplastik yang dilakukan pengujian yaitu kuat tarik dan elongasi sebagai salah satu penentu kualitas mutu bioplastik.

Pengaruh Tingkat Keasaman Gelatinisasi terhadap Kemampuan Proses Gel Bioplastik

Gel bioplastik merupakan hasil gelatinisasi pati sebagai matrik dengan zat aditif lain yang dapat menunjang peningkatan kualitas bioplastik. Karakteristik gel bioplastik dapat mempengaruhi proses sintesis bioplastik selanjutnya seperti kemudahan pencetakan serta suhu dan waktu pengeringan. Selain itu karakteristik gel bioplastik juga dapat berguna untuk memprediksi kualitas mutu bioplastik yang akan dihasilkan. Beberapa karakteristik gel bioplastik tersebut yaitu viskositas, densitas dan kadar air. Tingkat keasaman (pH) selama proses gelatinisasi merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi karakteristik gel bioplastik [19]. Pengaruh tingkat keasaman gelatinisasi terhadap viskositas, densitas dan kadar air gel bioplastik ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Tingkat Keasaman Gelatinisasi terhadap Kemampuan Proses Gel Bioplastik

Sampel	Tingkat Keasaman (pH)	Viskositas (cm ² /s)	Densitas (g/mL)	Kadar Air (%)
1	3	127	1,247	37,11
2	4	141	1,289	41,98
3	5	208	1,326	50,27
4	6	190	1,309	42,77
5	7	121	1,213	34,65

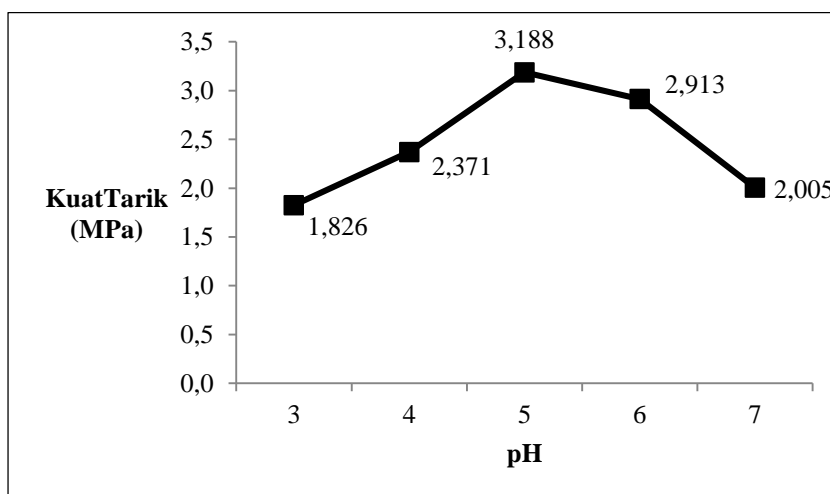
Viskositas menunjukkan tingkat kekentalan suatu fluida yang dalam hal ini yaitu gel bioplastik. Proses pencampuran dan pegadukan bahan penyusun bioplastik yang dilakukan dengan bantuan pemanasan pada suhu, waktu dan kecepatan tertentu merupakan proses pembentukan jaringan polimer bioplastik melalui proses gelatinisasi pati. Proses gelatinisasi pada sintesis bioplastik pati ketan berpenguat serbuk daun bambu dilakukan pada suhu 73 ± 5°C selama 10 menit pengadukan. Hal ini karena suhu proses gelatinisasi pati ketan berada pada rentang suhu 68-78°C [19]. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa tingkat keasaman berpengaruh terhadap nilai viskositas gel bioplastik. Nilai viskositas tertinggi diperoleh dari proses gelatinisasi dengan pH 5 yaitu sebesar 208 cm²/s. Sedangkan viskositas pada pH 3 dan 7 menunjukkan nilai yang relatif rendah. Hal ini sejalan dengan penelitian Putra et al bahwa gelatinisasi pati berkisar pada pH 4 sampai dengan pH 7 [20]. Tingkat keasaman terlalu tinggi

menyebabkan gel terbentuk terlalu dini, sedangkan tingkat keasaman rendah dapat memperlambat pembentukan gel sehingga jika proses gelatinisasi termal dilanjutkan maka dapat menurunkan viskositas gel bioplastik menjadi lebih encer. Bambang [25] juga memiliki pendapat yang sama bahwa kondisi keasaman yang tidak tepat dapat menurunkan kekentalan bioplastik yang dapat menyebabkan pengeringan bioplastik mengalami kegagalan.

Penurunan viskositas pada gel bioplastik juga berpengaruh terhadap densitas gel bioplastik yang dihasilkan. Besarnya nilai densitas menunjukkan besarnya kerapatan suatu material. Tabel 1 memberikan informasi bahwa tingkat keasaman gelatinisasi termal yang terlalu tinggi atau rendah menghasilkan densitas gel bioplastik semakin rendah. Hal ini menunjukkan bahwa semakin kental atau tinggi viskositasnya maka semakin tinggi pula densitasnya. Nilai densitas gel bioplastik mengalami puncak tertinggi pada pH 5 yaitu sebesar 1,326 g/mL. Penelitian tentang keterkaitan viskositas dan densitas pada bioplastik telah dilakukan oleh Rahayu [23] dengan hasil bahwa peningkatan nilai viskositas dapat meningkatkan viskositas larutan bioplastik sehingga dapat menghasilkan bioplastik yang tidak rapuh/ getas dan lebih lentur. Selain berpengaruh terhadap densitas, tingkat viskositas juga mempengaruhi kadar air gel bioplastik hasil proses gelatinisasi termal. Semakin tinggi viskositas dan densitas gel bioplastik maka semakin tinggi kadar airnya. Hal ini karena semakin kental dan rapat gel bioplastik maka semakin sulit kadar air terlepas karena terperangkap dalam pori dan matrik gel bioplastik yang rapat. Kadar air terendah dihasilkan pada pH netral (pH 7) yaitu sebesar 34,65%. Kandungan air dalam gel bioplastik ini dapat digunakan untuk memprediksi waktu pengeringan cetakan bioplastik. Proses pengeringan menyebabkan gel bioplastik melepaskan air membentuk bioplastik yang stabil [26]. Semakin tinggi kadar air semakin lama proses pengeringan bioplastik dibandingkan kadar air rendah pada suhu yang sama.

Kuat Tarik Bioplastik

Sifat mekanik bioplastik merupakan syarat penentuan kualitas mutu bioplastik. Penelitian ini melakukan pengukuran kuat tarik dan perpanjangan putus bioplastik hasil gelatinisasi termal dengan variasi tingkat keasaman. Pengaruh tingkat keasaman gelatinisasi terhadap kuat tarik bioplastik berbasis pati ketan dengan filler serbuk daun bambu dapat dilihat pada Gambar 1.

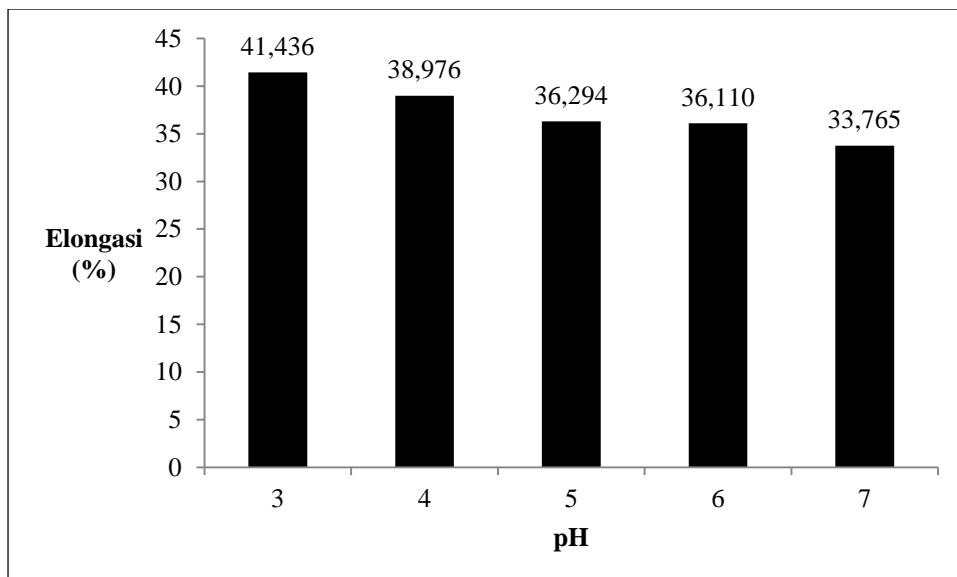


Gambar 1. Pengaruh Tingkat Keasaman Gelatinisasi terhadap Nilai Kuat Tarik Bioplastik Pati Ketan Berpenguat Serbuk Daun Bambu

Kuat tarik menggambarkan kemampuan suatu material berupa gaya maksimum yang dibutuhkan untuk menahan beban tarikan/ regangan sebelum putus/ patah [27]. Gambar 1 memberikan informasi bahwa kuat tarik terbesar bioplastik pati ketan berpenguat serbuk daun bambu pada pH 5 yaitu bernilai 3,188 MPa. Proses gelatinisasi termal yang sesuai dapat meningkatkan interaksi ikatan amilosa karena keberadaan ikatan hidrogen sehingga menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik yang relatif baik [26]. Meskipun tingkat keasaman tidak berpengaruh secara langsung pada nilai kuat tarik, namun tingkat keasaman yang tidak tepat dapat menyebabkan hidrolisis ikatan glukosida pada granula pati sehingga menghasilkan polimer berantai pendek dan pemutusan ikatan hidrogen. Hal ini menyebabkan granula pati kehilangan daya penyerapan air sehingga selama proses gelatinisasi mengalami proses penurunan nilai viskositas yang menyebabkan penurunan kestabilan bioplastik karena ketidakkompakan struktur pada gel [28]. Ketidakstabilan molekul gel bioplastik akan dapat menurunkan kuat tarik bioplastik yang dihasilkan.

Elongasi (Perpanjangan Putus) Bioplastik

Elongasi merupakan salah satu sifat mekanis bioplastik yang menggambarkan pertambahan panjang material saat menerima tarikan/ regangan hingga putus [27]. Elongasi menunjukkan keelastisan suatu bioplastik. Semakin tinggi persen elongasi maka semakin elastis bioplastik tersebut. Persen elongasi ini diperoleh bersamaan dengan pengukuran kuat tarik. Elongasi bioplastik sangat dipengaruhi oleh proses gelatinisasi, jenis dan jumlah *plasticizer* serta keberadaan *filler* yang digunakan. Plasticizer mampu meningkatkan persen elongasi, sedangkan keberadaan filler (serbuk daun bambu) menghasilkan bioplastik yang lebih rigid sehingga persen elongasinya rendah. Salah satu faktor proses gelatinisasi yaitu tingkat keasaman. Pengaruh tingkat keasaman terhadap persen elongasi bioplastik ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Tingkat Keasaman Gelatinisasi terhadap Persen Elongasi Bioplastik Pati Ketan Berpenguat Serbuk Daun Bambu

Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa pH membawa pengaruh terhadap sifat mekanis bioplastik terutama elongasi walaupun tidak terlalu signifikan. Persen elongasi terbesar diperoleh pada proses gelatinisasi dengan kondisi asam pada pH 3 yaitu sebesar 41,436%.

Sedangkan elongasi terendah pada pH 7 yaitu sebesar 33,765%. Modifikasi nilai pH berdasarkan penelitian Felix [29] dapat membentuk jaringan polimer yang memiliki ikatan silang rendah terutama pada penurunan keasaman. Ikatan silang memiliki pengaruh terhadap besarnya persen elongasi dimana semakin banyak ikatan silang semakin rendah persen elongasinya.

Kesimpulan

Tingkat keasaman pada proses gelatinisasi termal terbukti memiliki pengaruh terhadap nilai viskositas, densitas dan kadar air gel bioplastik pati ketan berpenguat serbuk daun. Proses gelatinisasi yang direkomendasikan berdasarkan hasil analisa yaitu pada tingkat keasaman yang tepat dengan pH 5 untuk memperoleh nilai viskositas 208 cm²/s, kadar air 34,27% dan densitas 1,326 g/ mL. Karakteristik gel bioplastik tersebut dapat mempengaruhi proses sintesis bioplastik seperti kemudahan pencetakan serta suhu dan waktu pengeringan. Selain itu karakteristik gel bioplastik juga dapat berguna untuk memprediksi kualitas mutu bioplastik yang akan dihasilkan. Harga pH 5 pada proses gelatinisasi juga menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik sebesar 3,118 MPa dan nilai elongasi 36,294%.

Daftar Pustaka

- [1] Ministry of Environment and Forestry, *National Plastic Waste Reduction Strategic Actions for Indonesia*. Republic of Indonesia, 2020.
- [2] Y. Zounggran, E. Lynda, K. K. Dobi-Brice, E. Tchirioua, C. Bakary, and D. D. Yannick, "Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 8, 2020, doi: 10.1016/j.jece.2020.104396.
- [3] M. Selvamurugan and P. Sivakumar, "Bioplastics – An Eco-friendly Alternative to Petrochemical Plastics," *Curr. World Environ.*, vol. 14, no. 1, pp. 49–59, 2019, doi: 10.12944/cwe.14.1.07.
- [4] T. Landi and A. Arijanto, "Perancangan Dan Uji Alat Pengolah Sampah Plastik Jenis Ldpe (Low Density Polyethylene) Menjadi Bahan Bakar Alternatif," *J. Tek. Mesin Undip*, vol. 5, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [5] R. C. Thompson, C. J. Moore, F. S. V. Saal, and S. H. Swan, "Plastics, the environment and human health: Current consensus and future trends," *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.*, vol. 364, no. 1526, pp. 2153–2166, 2009, doi: 10.1098/rstb.2009.0053.
- [6] R. Proshad, T. Kormoker, M. S. Islam, M. A. Haque, M. M. Rahman, and M. M. R. Mithu, "Toxic effects of plastic on human health and environment : A consequences of health risk assessment in Bangladesh," *Int. J. Heal.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–5, 2018, doi: 10.14419/ijh.v6i1.8655.
- [7] I. Nafiyanto, "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 J.*, vol. 7, no. 1, pp. 75–89, 2019.
- [8] G. F. Nogueira, F. M. Fakhouri, and R. A. de Oliveira, "Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films," *Carbohydr. Polym.*, vol. 186, pp. 64–72, 2018, doi: 10.1016/j.carbpol.2018.01.024.
- [9] L. C. de Azêvedo *et al.*, "Study of Renewable Silica Powder Influence in the Preparation of Bioplastics from Corn and Potato Starch," *J. Polym. Environ.*, vol. 29, no. 3, pp. 707–720, 2021, doi: 10.1007/s10924-020-01911-8.

- [10] R. Kumar, G. Ghoshal, and M. Goyal, "Moth bean starch (*Vigna aconitifolia*): isolation, characterization, and development of edible/biodegradable films," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 56, no. 11, pp. 4891–4900, 2019, doi: 10.1007/s13197-019-03959-4.
- [11] K. Nisah, "Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-Umbian terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable dengan Plastizicer Gliserol," *Biot. J. Ilm. Biol. Teknol. dan Kependidikan*, vol. 5, no. 2, pp. 106–113, 2017, doi: 10.22373/biotik.v5i2.3018.
- [12] Haryanto and A. E. Saputri, "Pengembangan Bioplastik Dari Tepung Tapioka Dan Tepung Beras Ketan Putih," *Techno*, vol. 17, no. 2, pp. 104–110, 2016.
- [13] S. R. Pillai, N. Venkatachalapathy, K. S. Kumar, and A. Pare, "Effect of roasting and cooking on physiochemical properties of black rice soluble extract," *Int. J. Chem. Stud.*, vol. 9, no. 1, pp. 2848–2852, 2021, doi: 10.22271/chemi.2021.v9.i1an.11655.
- [14] E. Warsiki, I. Setiawan, and H. Hoerudin, "Sintesa Komposit Bioplastik Pati Kulit Singkong-Partikel Nanosilika Dan Karakterisasinya," *J. Kim. dan Kemasan*, vol. 42, no. 2, pp. 37–45, 2020, doi: 10.24817/jkk.v42i2.3535.
- [15] H. Suryanto, P. T. Hutomo, R. Wanjaya, P. Puspitasari, and Sukarni, "The stucture of bioplastic from cassava starch with nanoclay reinforcement," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1778, pp. 1–5, 2016, doi: 10.1063/1.4965761.
- [16] Aminullah, E. Rohaeti, and Irzaman, "Reduction of High Purity Silicon from Bamboo Leaf as Basic Material in Development of Sensors Manufacture in Satellite Technology," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 24, pp. 308–316, 2015, doi: 10.1016/j.proenv.2015.03.040.
- [17] S. Silviana and W. J. Bayu, "Silicon Conversion from Bamboo Leaf Silica by Magnesiothermic Reduction for Development of Li-ion Battery Anode," *MATEC Web Conf.*, vol. 156, pp. 0–3, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815605021.
- [18] L. Nurdini, Hendriyana, H. Fansyuri, and T. Wibowo, "Pengaruh Penambahan Pati Ubi kayu dalam Pembuatan Bioplastik dari Pati Sukun," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan"*, no. April, pp. K8-1–5, 2018.
- [19] F. Winarno, *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama, 2004.
- [20] D. M. Dwi Pradana Putra, B. A. Harsojuwono, and A. Hartiati, "studi suhu dan ph gelatinisasi pada pembuatan bioplastik dari pati kulit singkong," *J. Rekayasa Dan Manaj. Agroindustri*, vol. 7, no. 3, p. 441, 2019, doi: 10.24843/jrma.2019.v07.i03.p11.
- [21] B. Hartesi, I. Ikhwansyah, and A. Soyata, "Modifikasi Pati Beras Ketan Putih (*Oryza Sativa* l. Var. *Glutinosa*) Secara Pregelatinasi dengan Perbandingan Pati dan Air (1:1,25)," *Maj. Farmasetika*, vol. 6, no. 5, p. 409, 2021, doi: 10.24198/mfarmasetika.v6i5.36192.
- [22] O. Regina, H. Sudrajad, and D. Syaflita, "Measurement of Viscosity Uses an Alternative Viscometer," *J. Geliga Sains J. Pendidik. Fis.*, vol. 6, no. 2, p. 127, 2019, doi: 10.31258/jgs.6.2.127-132.
- [23] P. Rahayu, S. Agustina, M. Pramesty, R. Rosalina, and D. K. Putri, "Pengaruh Waktu Pengadukan pada Proses Poliblend Poly Lactic Acid dengan Poly Ethylene Glycol-400 Terhadap Viskositas dan Densitas Bioplastik," *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 4, no. 2, p. 100, 2021, doi: 10.25273/cheesa.v4i2.8945.100-108.
- [24] J. P. Reddy and J. W. Rhim, "Characterization of bionanocomposite films prepared with agar and paper-mulberry pulp nanocellulose," *Carbohydr. Polym.*, vol. 110, pp. 480–488, 2014, doi: 10.1016/j.carbpol.2014.04.056.
- [25] B. Admadi, "Termodifikasi dalam variasi suhu dan pH gelatinisasi," Universitas Udayana. 2017.

- [26] M. H. S. Ginting, R. F. Sinaga, R. Hasibuan, and G. Ginting, "Pengaruh Variasi Temperatur Gelatinisasi Pati Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan Pada Saat Putus Bioplastik Pati Umbi Talas," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–3, 2014.
- [27] A. B. D. Nandiyanto, M. Fiandini, R. Ragadhita, A. Sukmafitri, H. Salam, and F. Triawan, "Mechanical and biodegradation properties of cornstarch-based bioplastic material," *Mater. Phys. Mech.*, vol. 44, no. 3, pp. 380–391, 2020, doi: 10.18720/MPM.4432020_9.
- [28] C. M. L. Franco, K. S. Wong, S. H. Yoo, and J. L. Jane, "Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches," *Cereal Chem.*, vol. 79, no. 2, pp. 243–248, 2002, doi: 10.1094/CCHEM.2002.79.2.243.
- [29] M. Felix, I. Martinez, A. Romero, P. Partal, and A. Guerrero, "Effect of pH and nanoclay content on the morphology and physicochemical properties of soy protein/montmorillonite nanocomposite obtained by extrusion," *Compos. Part B Eng.*, vol. 140, pp. 197–203, 2018, doi: 10.1016/j.compositesb.2017.12.040.