

Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik

Adhi Setiawan*, Febby Dwi Melanny Anggraini, Tarikh Azis Ramadani,
Luqman Cahyono, Mochammad Choirul Rizal

*Program Studi Teknik Pengolahan Limbah, Jurusan Teknik Permesinan Kapal,
Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jl. Teknik Kimia Kampus ITS Sukolilo Surabaya, Indonesia
Email: adhistw23@gmail.com*

Abstrak

Jerami padi memiliki kandungan selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bioplastik dari bahan baku jerami padi menggunakan perlakuan pelarut organik serta menganalisis pengaruh rasio massa pati dengan selulosa karakteristik produk bioplastik. Proses delignifikasi jerami menggunakan larutan etanol 5% dan 35% pada suhu 80°C selama dua jam. Bioplastik dibuat dengan rasio massa pati dengan selulosa sebesar 1:0,5; 1:1; dan 1:1,5. Karakterisasi menggunakan metode SEM, XRD, TG-DTA, uji tarik, uji transmisi uap, serta uji degradasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses delignifikasi menggunakan etanol menyebabkan peningkatan kadar selulosa serta kristalinitas jerami. Morfologi bioplastik menunjukkan permukaan yang tidak rata serta terdapat bagian matriks yang terpisah dengan fiber. Hasil TG-DTA menunjukkan pengurangan massa bioplastik sebesar 81,01% pada suhu 550°C. Hasil kuat tarik terbaik pada bioplastik yang dibuat dengan rasio massa pati dengan selulosa 1:0,5 pada konsentrasi delignifikasi etanol 35%. Nilai kuat tarik yang diperoleh sebesar 8,773 Mpa. Pengujian degradasi bioplastik dilakukan selama 10 hari diperoleh nilai % degradasi terbesar bioplastik adalah sebesar 99,9%.

Kata kunci : *Bioplastik, Jerami, Perlakuan Pelarut Organik, Selulosa*

Abstract

Utilization of Rice Straw as Bioplastic Using Organic Solvent Treatment Method

Rice straw contains cellulose which can be used as raw material for making bioplastics. This study aims to synthesize bioplastics from rice straw using organic solvent treatment and analyze the effect of the mass ratio of starch to cellulose on the characteristics of bioplastic products. The straw delignification process used 5% and 35% ethanol solution at 80°C for two hours. Bioplastics are made with a mass ratio of starch to cellulose of 1:0.5; 1:1; and 1:1.5. Characterization using SEM, XRD, TG-DTA methods, tensile test, vapour transmission test, and degradation test. The results showed that the delignification process using ethanol caused an increase in cellulose content and straw crystallinity. The morphology of the bioplastic shows an uneven surface and there are parts of the matrix that are separated from the fiber. The results of TG-DTA showed a reduction the mass of bioplastic by 81.01% at a temperature of 550°C. The best tensile strength results in bioplastics made with a mass ratio of starch to cellulose 1:0.5 at a delignification concentration of 35% ethanol. The tensile strength value obtained was 8,773 Mpa. The bioplastic degradation test was carried out for 10 days and the largest percentage of bioplastic degradation was 99.9%.

Keywords : *Bioplastic, Rice Straw, Organic Solvent Treatment, Cellulose*

PENDAHULUAN

Plastik merupakan salah satu material yang sering digunakan oleh manusia karena serba guna dan praktis. Produksi plastik telah meningkat secara signifikan selama tujuh puluh tahun terakhir dan diperkirakan telah mencapai lebih dari 365 juta ton pada Tahun 2016. Plastik dibuat dengan menggunakan bahan utama yang tak terbarukan dan sulit terurai (Thompson *et al.*, 2009). Polimer dari plastik pada umumnya mengandung bahan aditif seperti stabilizer, pigmen, dan komponen lain yang bersifat racun seperti halnya antioksidan, *flame retardant*, dan *blowing agent* (Hahladakis *et al.*, 2018). Jumlah produksi sampah plastik yang sangat besar merupakan salah satu ancaman terhadap masalah lingkungan serta kesehatan manusia. Bahkan, plastik merupakan komponen utama dalam sampah perkotaan yang sulit terdegradasi sehingga dapat bertahan selama puluhan tahun. Sifat tersebut menyebabkan sampah plastik perlu pengelolaan yang memadai (Bayer *et al.*, 2014). Pengembangan material baru yang inovatif dan ramah lingkungan sangat diperlukan untuk mengurangi dampak negatif akibat penggunaan plastik. Bioplastik merupakan generasi plastik baru sebagai alternatif pengganti plastik konvensional di masa mendatang sehingga dapat mengurangi timbulan sampah plastik.

Bioplastik merupakan plastik yang terbuat dari bahan alami yang dapat diperbaharui dan mampu terdegradasi lebih cepat sehingga bersifat ramah lingkungan (Kamsiati *et al.*, 2017). Bioplastik dapat dibuat dengan menggunakan bahan yang berasal dari tumbuhan seperti selulosa (Mostafa *et al.*, 2018). Selulosa memiliki keunggulan antara lain jumlahnya melimpah, dapat diperbaharui, mudah terdegradasi secara alami (*biodegradable*), serta bersifat termoplastik (Isroi *et al.*, 2017). Beberapa bahan alami yang dapat dimanfaatkan sebagai bioplastik antara lain tandan kelapa sawit (Andahera *et al.*, 2019), kulit jagung (Mahfud *et al.*, 2020), kulit buah nangka (Raj dan Ranganathan, 2018), serta linter kapas (Mostafa *et al.*, 2018). Keuntungan dengan penggunaan bahan ramah lingkungan tersebut menyebabkan plastik dapat terdegradasi dalam waktu lebih cepat dibandingkan dengan

plastik konvensional yang membutuhkan waktu berabad-abad untuk terdegradasi secara normal.

Indonesia merupakan salah satu produsen padi terbesar di dunia dengan Jawa Timur sebagai provinsi dengan penghasil padi tertinggi. Jawa timur menghasilkan padi sebesar 10.022.387 Ton Gabah Kering Giling (GKG) (Badan Pusat Statistik, 2020). Tingginya angka produksi padi membuat jumlah jerami sebagai hasil samping dari proses produksi padi meningkat. Jumlah limbah jerami yang dihasilkan mencapai 1–1,5 kg/kg panen. Namun, jerami padi dianggap sebagai limbah pertanian sehingga seringkali dibuang atau dibakar. Hal tersebut menyebabkan emisi gas rumah kaca, kontaminasi, dan polusi mengalami peningkatan. Jerami padi mengandung selulosa sekitar 32%-47%, hemiselulosa sekitar 19%-27%, dan lignin 5%-24% (Mukul, 2020). Kandungan selulosa yang relatif tinggi serta ketersediaannya yang cukup melimpah menyebabkan jerami padi dipilih sebagai bahan baku alternatif bioplastik.

Beberapa permasalahan yang disebabkan penggunaan bahan alam dari fiber tanaman yaitu adanya kandungan lignin dan hemiselulosa yang bersifat amorf sehingga perlu dipisahkan terlebih dahulu sebelum proses pembuatan bioplastik. Proses perlakuan fiber alam dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik pada material dengan memperbaiki ikatan antar muka pada fiber alam, meningkatkan jumlah situs aktif dengan mengekspos permukaan serat selulosa, serta meningkatkan indeks kristalinitas serat (Ilyas *et al.*, 2017). Beberapa metode perlakuan fiber dengan tujuan memisahkan kandungan lignin dari selulosa tumbuhan antara lain perlakuan alkali, perlakuan pelarut organik (*organosolv treatment*), dan perlakuan biologi. Penggunaan metode perlakuan alkali dalam proses delignifikasi dapat dilakukan menggunakan media larutan basa seperti NaOH atau KOH.

Beberapa penelitian melaporkan tentang penggunaan perlakuan alkali dalam proses pembuatan bioplastik. Mostafa *et al.* (2018) melakukan sintesis bioplastik dari bahan baku serat rami dengan menggunakan perlakuan alkali berupa larutan NaOH 5% b/v. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses delignifikasi tersebut dapat menghilangkan kadar lignin sehingga menghasilkan bioplastik dengan kemampuan degradasi sebesar 41-44% selama 14 hari.

Elhussieny *et al.* (2020) mensintesis bioplastik dari selulosa jerami-kitosan menggunakan perlakuan alkali NaOH 17,5%. Hasil penelitian tersebut menghasilkan bioplastik dengan kuat tarik sebesar 23 Mpa pada perbandingan jerami-kitosan sebesar 3,5:10 dan dapat terdegradasi selama 100 hari. Proses pretreatment jerami tersebut dilakukan menggunakan larutan NaOH 17,5% b/v selama 2 jam dengan suhu 100°C (Elhussieny *et al.*, 2020). Namun, beberapa kelemahan dari penggunaan larutan alkali cenderung menghasilkan serat dengan kandungan selulosa yang rendah serta menghasilkan air limbah yang harus ditangani secara tepat (Ferreira *et al.*, 2021). Selain itu, proses perlakuan biologi memerlukan waktu yang relatif lama serta pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi kondisi lingkungan sehingga kurang efektif untuk pembuatan bioplastik (Pommet *et al.*, 2008).

Perlakuan pelarut organik merupakan metode delignifikasi yang efektif untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa dari fiber alam. Beberapa kelebihan perlakuan pelarut organik antara lain memiliki efisiensi pemisahan lignin yang tinggi serta kemampuan pelarut yang dapat direcovery kembali setelah digunakan (Zhao *et al.*, 2009). Sebagian besar lignin dan hemiselulosa dapat dihilangkan dengan pelarut organik. Selulosa yang diperoleh dari proses perlakuan pelarut organik merupakan selulosa dengan kemurnian tinggi (Zhao *et al.*, 2009). Pelarut organik yang sering digunakan dalam proses delignifikasi yaitu metanol dan etanol. Pelarut metanol dengan konsentrasi 50% dapat mengurangi kadar lignin sebesar 90% selama 45 menit dengan suhu 160°C, Namun, penggunaan metanol memiliki kekurangan yaitu membutuhkan katalis asam klorida agar bereaksi secara maksimal. Metanol bersifat racun sehingga harus dioperasikan dengan secara hati-hati (Zhao *et al.*, 2009). Penggunaan Etanol pada proses perlakuan fiber alam tidak membutuhkan katalis asam, lebih aman, toksisitas rendah, serta dapat dioperasikan dengan konsentrasi yang rendah (Correia *et al.*, 2015; Zhao *et al.*, 2009).

Penelitian ini bertujuan untuk mensintesis bioplastik dari bahan baku jerami padi menggunakan perlakuan pelarut organik, serta menganalisis pengaruh rasio massa pati dengan

selulosa karakteristik produk bioplastik. Bahan matriks yang digunakan pada penelitian ini berupa pati sedangkan *Plasticizer* yang digunakan berupa sorbitol yang bersifat aman dan ramah lingkungan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pengetahuan terhadap pemanfaatan jerami sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik berbasis selulosa sehingga dapat mengurangi dampak negatif akibat penggunaan plastik berbahan minyak bumi.

METODOLOGI

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain jerami padi, etanol 70% (SAP Chemicals), *akuades*, NaOH 99% (SAP Chemicals), tepung pati, dan sorbitol 99% (SAP Chemicals). Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain blender, ayakan ukuran 60 mesh, *hotplate* dan *magnetic stirrer* (Cimarec), cetakan aluminium berukuran 20 cm x 15 cm x 0,5 cm, peralatan *X-Ray Diffraction* (XRD) X'Pert RINT 2200 V Philip CuK α ($\lambda=1,5418 \text{ \AA}$), *Scanning Electron Microscope* (SEM) (Phenom Pro Dekstop), peralatan *Thermal Gravimetry-Differential Thermal Analysis* (TG-DTA DTG-60H), dan peralatan uji tarik (Instron *Universal Testing Machine*).

Proses Pembuatan Bioplastik

Proses pembuatan bioplastik dari limbah jerami terbagi menjadi tiga tahapan antara lain preparasi jerami, proses delignifikasi jerami, serta pencetakan sampel. Tahap preparasi dilakukan melalui penggilingan jerami dilakukan untuk mempermudah proses delignifikasi. Penggilingan dilakukan dengan blender. Penggilingan dilakukan sampai dengan jerami berukuran 60 mesh.

Jerami yang telah halus selanjutnya dilakukan delignifikasi menggunakan metode perlakuan pelarut organik. Sebanyak 100 g jerami yang dimasukkan ke gelas beker 1000 mL. Jerami selanjutnya direndam di dalam etanol dengan variasi konsentrasi 5% dan 35% v/v. Perbandingan jerami halus dan larutan etanol sebesar 1:10 b/v. Campuran dipanaskan dengan suhu 80°C selama 2 jam. Setelah dipanaskan, campuran dimasukkan ke didinginkan pada suhu 0°C selama 24 jam. Jerami selanjutnya ditambahkan 500 mL NaOH 1 % b/v untuk menghilangkan kandungan lignin yang tersisa. Padatan disaring dan dicuci dengan

akuades untuk menghilangkan kandungan sisa etanol dan NaOH. Padatan selulosa selanjutnya dikeringkan di dalam oven pada suhu 50°C selama 3 jam.

Pembuatan bioplastik diawali dengan merendam selulosa dalam asam asetat 10% selama 2 jam pada suhu 90°C untuk memodifikasi selulosa agar seratnya lebih halus dan bersih. Selulosa disaring dan dicuci menggunakan akuades bersih lalu dikeringkan dalam oven. Bioplastik dibuat dengan mencampurkan pati dan selulosa pada perbandingan 1:0,5; 1:1, 1:1,5. Campuran tersebut selanjutnya ditambahkan akuades 65 mL dan sorbitol sebagai *plasticizer* Massa sorbitol yang ditambahkan sebanyak 30% dari massa pati. Larutan diaduk dan dipanaskan selama 10-15 menit dengan suhu 90°C hingga mengental. Larutan bioplastik ini kemudian dicetak dengan ukuran 25 cm x 15 cm dengan ketebalan 0,2 cm dan dikeringkan dalam suhu ruangan hingga terbentuk lembaran bioplastik.

Karakterisasi dan Parameter Uji

Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan sampel jerami dan bioplastik. Uji XRD dilakukan dengan sudut 2θ 10°-90° untuk mengetahui kristalinitas dari jerami sebelum dan sesudah perlakuan pelarut organik. Persentase kristalinitas (CR) dari jerami sebelum dan setelah delignifikasi hasil XRD dapat dihitung menggunakan persamaan (Oushabi *et al.*, 2017):

$$CR(\%) = \frac{I_{002}}{I_{002} + I_{am}} \times 100$$

Keterangan I_{002} merupakan intensitas maksimum pada refleksi kisi 002 dari kristalografi selulosa pada $2\theta = 21,4^\circ$ dan I_{am} merupakan intensitas pada bagian amorf pada $2\theta = 15,2^\circ$. Kadar selulosa dan lignin dari jerami sebelum dan setelah delignifikasi di menggunakan metode Chesson-Datta.

Kekuatan tarik dan elongasi bioplastik diukur diuji menggunakan menggunakan alat uji tarik berdasarkan metode ASTM D-882. Kuat tarik ditentukan berdasarkan gaya maksimum saat film putus dan perpanjangan putus ditentukan dari pemanjangan hingga film putus.

Uji ketahanan termal terhadap sampel bioplastik menggunakan metode TG-DTA.

Pengujian TG-DTA dilakukan menggunakan suhu pemanasan antara 30-550°C dengan menggunakan pan aluminium serta atmosfer gas nitrogen. Laju pemanasan pada proses TG-DTA sebesar 10°C/menit.

Uji laju transmisi uap air bioplastik menggunakan metode gravimetri berdasarkan ASTM E-96 dilakukan dengan meletakkan film berukuran 5 x 5 cm pada permukaan atas cawan yang berisi 10 ml akuades dan diletakkan pada desikator selama 24 jam perhitungan laju transmisi uap air didasarkan pada pertambahan berat film setelah pengujian. Perhitungan laju transmisi uap air dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$\text{Laju Transmisi Uap Air} = \frac{W_1 - W_0}{T.A}$$

Keterangan: W_1 = massa bioplastik setelah kontak dengan uap air (g); W_0 = massa bioplastik sebelum kontak dengan uap air (g); T = waktu kontak (hari); A = luas permukaan bioplastik (m²)

Tingkat degradasi dilakukan menggunakan metode *soil burial test* dengan melakukan preparasi bioplastik dengan ukuran 5 x 1 cm. Bioplastik selanjutnya dikeringkan dalam desikator dan ditimbang berat sebelum penguburan. Sampel dikubur dalam tanah selama 10 hari. Sampel yang telah dikubur selanjutnya diambil dari tanah dan dibersihkan dari kotoran yang melekat. Kemudian tempatkan ke desikator serta ditimbang dan diperoleh berat akhir setelah penguburan. Tingkat degradasi bioplastik dinyatakan dalam bentuk persentase massa yang hilang serta dapat dihitung dengan dengan persamaan (Susilawati *et al.*, 2011):

$$\% \text{ Kehilangan massa} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\%$$

Keterangan: W_1 = massa bioplastik sebelum penguburan (g); W_0 = massa bioplastik setelah penguburan (g)

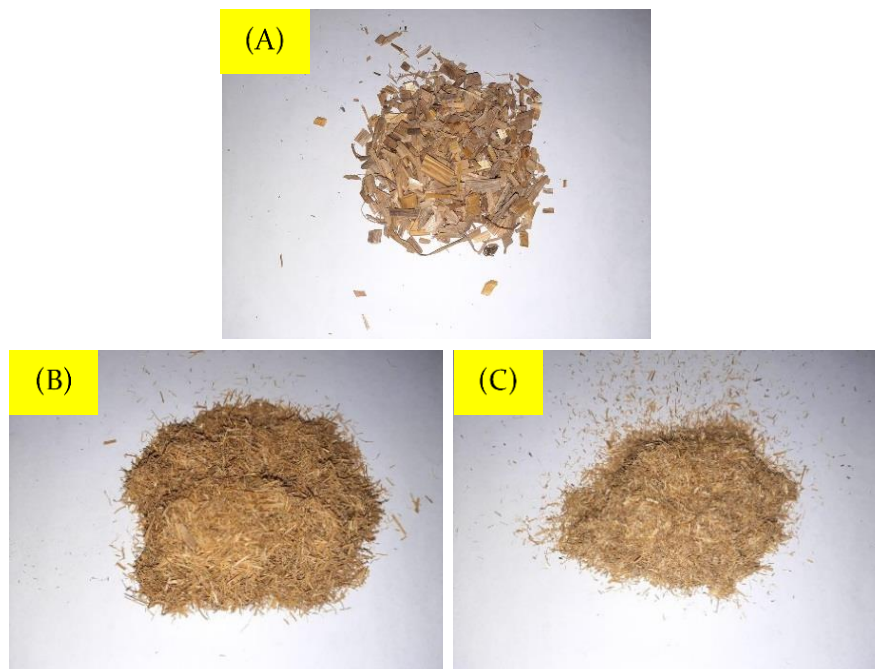
HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Delignifikasi

Perlakuan pelarut organik merupakan proses awal yang digunakan untuk delignifikasi

sehingga dapat meningkatkan kadar selulosa pada jerami. Proses delignifikasi bertujuan untuk membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses. Kondisi jerami

sebelum dan setelah delignifikasi etanol dapat diamati pada Gambar 1



Gambar 1. Jerami sebelum dan setelah *pretreatment organosolv* (A) sebelum *pretreatment* (B) *treatment* 5% etanol dan (C) *treatment* 35% etanol

Proses delignifikasi dapat melarutkan kadar lignin di dalam bahan sehingga dapat memudahkan proses pemisahan lignin dengan serat. Delignifikasi menggunakan etanol mengakibatkan kerusakan terhadap struktur lignin dari kandungan lignoselulosa dan mengubah lignoselulosa menjadi fiber dengan kandungan selulosa yang tinggi (Kurniaty *et al.*, 2017).

Gambar 1 menunjukkan keadaan jerami sebelum dilakukan perlakuan pelarut organik cenderung berwarna cerah dan memiliki tekstur kasar. Tekstur dari jerami setelah perlakuan pelarut organik cenderung halus dan berwarna lebih gelap dibandingkan kondisi sebelum proses delignifikasi. Hal tersebut disebabkan larutan etanol yang digunakan pada proses perlakuan pelarut organik menyebabkan hidrolisis lignoselulosa menghasilkan fiber dengan kandungan selulosa yang tinggi sehingga menyebabkan perubahan warna jerami menjadi gelap (Safitri *et al.*, 2018).

Uji Chesson-Datta dilakukan untuk mengetahui perbedaan jumlah kandungan

selulosa dan lignin sebelum dan sesudah proses delignifikasi. Hasil uji Chesson-Datta yang telah dilakukan maka diperoleh kadar selulosa dan lignin sebagaimana yang disajikan pada Tabel 1. Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan selulosa dari jerami sebelum delignifikasi diperoleh sebesar 33,47%, dan lignin sebesar 16,11%. Hasil delignifikasi yang diharapkan adalah semakin besar kadar selulosa serta semakin kecil lignin (Roza, 2009). Berdasarkan uji yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa kandungan selulosa sebelum delignifikasi dan sesudah delignifikasi mengalami peningkatan. Kandungan selulosa yang paling tinggi didapatkan dengan delignifikasi etanol 5% yakni sebesar 42,49% dan kandungan lignin sebesar 13,13%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada konsentrasi etanol 35% terjadi penurunan kadar selulosa. Hal tersebut disebabkan air dan etanol merupakan dua bahan yang bersifat nukleofilik sehingga menghasilkan larutan yang baik untuk menginisiasi pembelahan serta melarutkan bagian

lignin. konsentrasi etanol yang relatif tinggi mengarah pada proses presipitasi lignin pada permukaan lignoselulosa sehingga cenderung mengurangi efektifitas dari delignifikasi (Hamzah *et al.*, 2020).

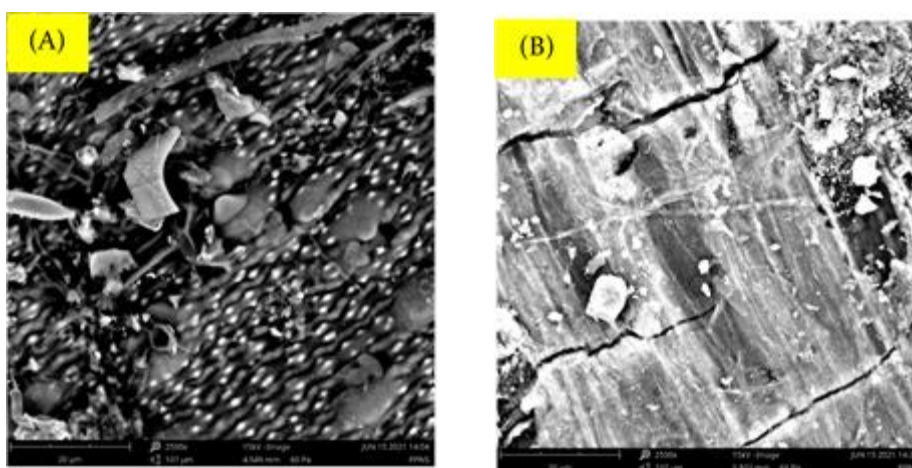
Pengujian SEM dilakukan pada sampel jerami sebelum delignifikasi serta sampel jerami hasil proses delignifikasi yang memiliki kadar selulosa tertinggi. Hasil SEM pada Gambar 2 menunjukkan bahwa morfologi permukaan jerami sebelum proses delignifikasi menunjukkan struktur yang halus serta rapat. Jerami padi tersebut masih tertutup oleh lapisan lignin, hemiselulosa, komponen lain yang mengikat selulosa, serta zat pengotor lainnya (Nata *et al.*, 2014).

Hasil SEM pada jerami yang telah mengalami delignifikasi dengan etanol memiliki struktur berbentuk fiber dengan struktur permukaannya lebih kasar dan pecah. Larutan etanol yang digunakan dalam proses delignifikasi dapat menyerang dan merusak struktur lignin pada jerami padi. Proses delignifikasi dapat melarutkan lignin dan hemiselulosa dan menyebabkan pengembangan pada struktur selulosa (Nata *et al.*, 2014).

Gambar 3 menunjukkan hasil analisis XRD dari sampel jerami dan setelah proses delignifikasi menggunakan etanol 5%. Jerami sebelum dan setelah delignifikasi mempunyai puncak tertinggi berada pada daerah 2θ 21,4°. Perlakuan delignifikasi menyebabkan peningkatan nilai persen kristalinitas pada jerami. Persen kristalinitas (CR%) dihitung berdasarkan persamaan (1) dan didapatkan nilai CR% jerami sebelum delignifikasi sebesar 59,29% sedangkan untuk nilai CR% jerami sesudah delignifikasi diperoleh sebesar 62,55%. Peningkatan nilai persen kristalinitas merupakan hasil dari penurunan kadar lignin yang bersifat amorf akibat dari proses delignifikasi yang berlangsung sehingga menyisakan komponen selulosa yang bersifat kristal (Setiawan *et al.*, 2020).

Karakteristik Bioplastik

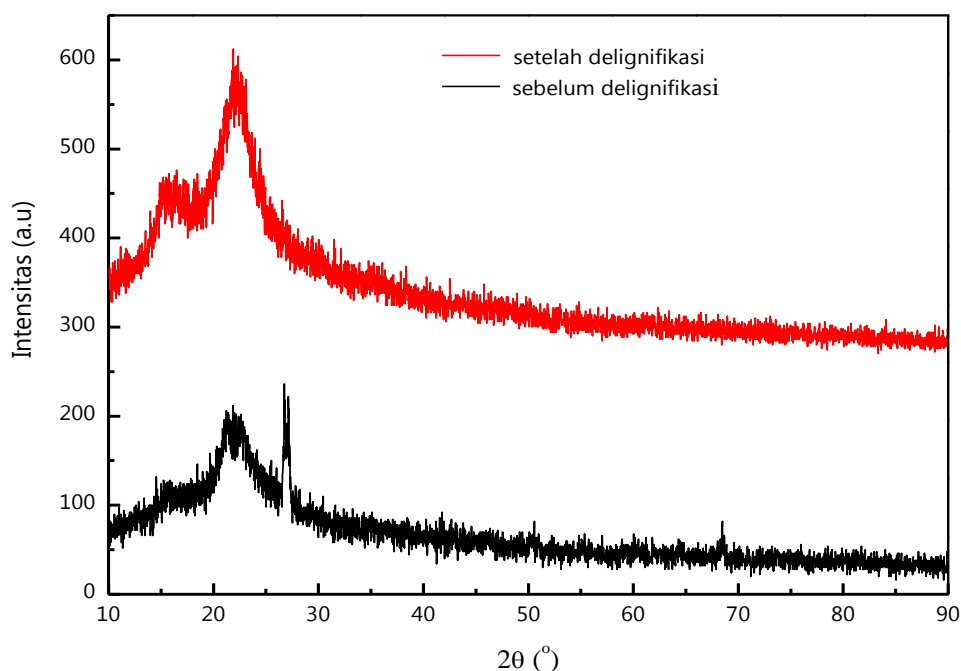
Tabel 2. Menunjukkan data kuat tarik dan regangan dari bioplastik. Berdasarkan hasil uji tarik yang telah dilakukan diperoleh hasil tegangan tarik tertinggi pada sampel bioplastik yang dibuat dengan perbandingan pati dengan selulosa sebesar 1 : 0,5 serta pada kondisi



Gambar 2. Morfologi jerami (A) sebelum dan (B) Setelah delignifikasi etanol 5%

Tabel 1. Hasil Uji Selulosa dan Lignin

Sampel Jerami	Kadar (% wt)	
	Selulosa	Lignin
Tanpa Delignifikasi	33,47	16,11
Etanol 5%	42,49	13,13
Etanol 35%	37,15	15,11



Gambar 3. Spektra XRD dari Jerami sebelum dan Setelah delignifikasi etanol 5%

delignifikasi menggunakan etanol 35%. Besarnya kuat tarik yang diperoleh sebesar 8,773 Mpa dengan nilai regangan sebesar 6,5%. Delignifikasi menggunakan etanol 35% menghasilkan kandungan selulosa yang paling rendah sehingga cenderung menghasilkan bioplastik dengan sifat mekanik yang baik. Octaviana (2016) dalam penelitiannya melaporkan bahwa tingginya kandungan selulosa pada bioplastik dapat menyebabkan bioplastik bersifat rapuh. Hal tersebut disebabkan sifat dari selulosa kering cenderung bersifat keras serta mudah rapuh. Beberapa Penelitian serupa telah melaporkan sifat mekanik pada bioplastik. Mukul *et al.* (2020) mensintesis bioplastik dari kitosan dan selulosa jerami dengan perbandingan massa 4:10 menghasilkan kuat tarik sebesar 13,8 MPa, elongasi 316.5%. Elhussieny *et al.* (2020) mensintesis Bioplastik dari selulosa jerami dan kitosan dengan perbandingan massa 3,5 : 10 memiliki kuat tarik 23 Mpa.

Gambar 4 menunjukkan hasil TG-DTA sampel bioplastic dengan rasio massa pati dengan selulosa 1 : 0,5 dengan perlakuan larutan etanol 35%. Hasil uji menunjukkan bahwa pada grafik TG pada kisaran suhu 30°C-150°C terjadi penurunan massa sebesar 7,81% dari massa awal bioplastik. Pengurangan massa awal pada bioplastik terjadi

akibat hilangnya air yang terkandung dalam bioplastik akibat penguapan. Pengurangan massa dari bioplastik kembali dapat terlihat jelas pada kisaran suhu 150°C-350°C. Degradasi selulosa dan lignin dapat diamati melalui grafik DTA. Pada kisaran suhu 100°C terdapat puncak yang rendah. Pada kisaran suhu 200°C-250°C terdapat puncak dekomposisi selulosa. Pada kisaran suhu 320°C-350°C terjadi dekomposisi dari lignin (Ramirez, 2014). Dekomposisi hemiselulosa terjadi pada suhu 200°C-260°C, dekomposisi selulosa terjadi pada suhu 240°C-350°C dan dekomposisi lignin terjadi pada suhu 250°C-500°C. Berdasarkan hasil pengujian TG yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa terjadi pengurangan massa bioplastik sebesar 81,01% dari massa awal. Beberapa hasil penelitian serupa telah dilaporkan tentang ketahanan termal dari material bioplastik. Sjarifina *et al.* (2020) melaporkan bahwa uji ketahanan termal bioplastik selulosa jerami menghasilkan pengurangan massa sebesar 42% pada suhu 600°C. Agustin *et al.* (2014) melaporkan bahwa uji ketahanan termal bioplastik dari pati dan jerami dengan kondisi rasio massa pati dengan selulosa nanokristal menghasilkan pengurangan massa sebesar 79,63% pada suhu 600°C.

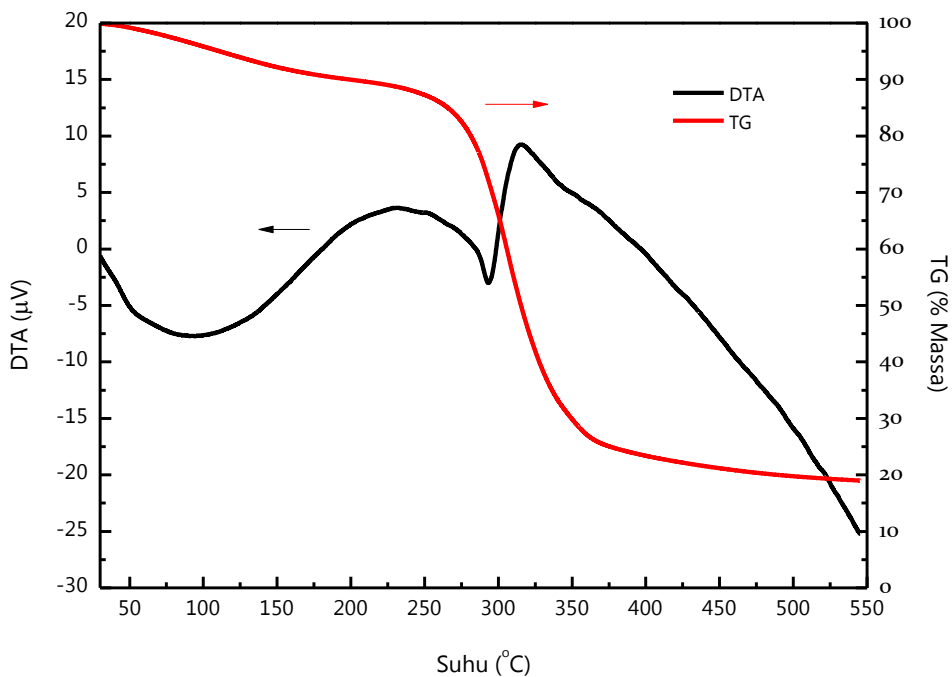
Hasil SEM pada Gambar 5 dapat diamati bahwa permukaan bioplastik terlihat tidak rata. Selain itu, terdapat bagian dari bioplastik yang menggumpal serta ada sebagian daerah fiber yang terpisah dengan matriks pati. Keadaan ini dapat disebabkan oleh kurangnya homogenitas antara matriks pati kanji dengan fiber selulosa. Kurangnya homogenitas dari bioplastik akan menyebabkan melemahnya ikatan antar muka dari permukaan fiber dan dengan matriks dan berpotensi menurunkan sifat mekanik bioplastik (Mahfud *et al.*, 2020).

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian sifat transmisi uap air dari sampel bioplastik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa terdapat

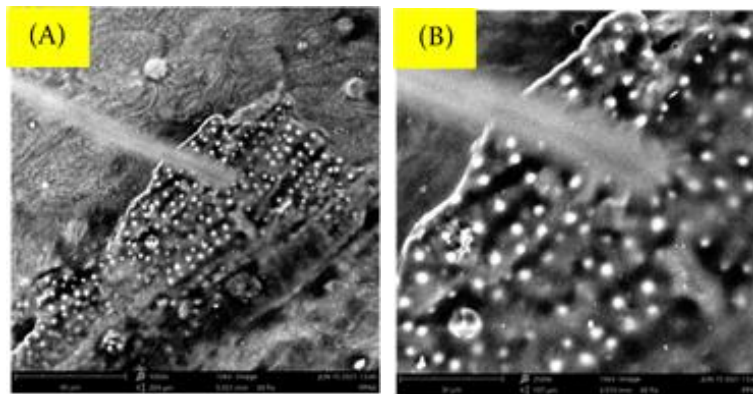
kecenderungan penurunan nilai laju transmisi uap seiring dengan meningkatnya massa selulosa. Penurunan nilai laju transmisi uap disebabkan karena meningkatnya padatan terlarut di dalam larutan film membentuk ikatan hidrogen yang lebih kuat sehingga menghasilkan struktur yang kompak. Struktur yang kompak dapat menghambat difusi uap air melewati bioplastik sehingga nilai laju transmisi uap kecil (Bremer *et al.*, 2012). Hasil pengujian sifat transmisi uap air diperoleh nilai minimum sebesar 12 g/m².hari yakni bioplastik dengan rasio pati dengan selulosa 1:1,5 serta didelignifikasi pada kondisi etanol 35%. Hasil penelitian serupa telah dilakukan antara lain Rohman (2016) mendapatkan nilai laju transmisi

Tabel 2 Hasil Uji Tarik

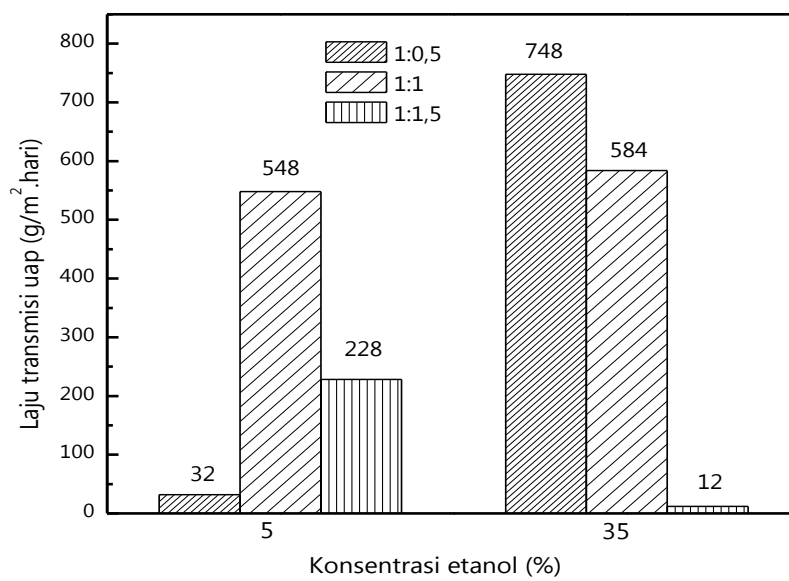
Rasio pati : selulosa	Konsentrasi Etanol (%)	Tegangan (MPa)	Regangan (%)
1:0,5	5	5,415	2,6
	35	8,773	6,5
1:1	5	5,153	8,1
	35	6,354	5,2
1:1,5	5	5,114	5,8
	35	4,828	5,6



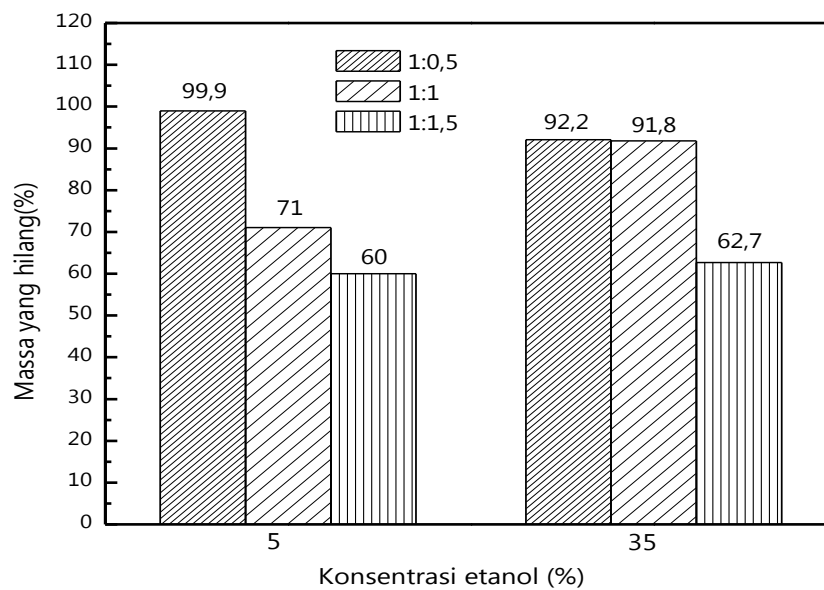
Gambar 4. TG-DTA bioplastik



Gambar 5. Morfologi bioplastik (a) perbesaran 1000x (b) perbesaran 2500x



Gambar 6. Hasil uji transmisi uap air bioplastik



Gambar 7. Hasil uji degradasi bioplastik

uap dari bioplastik kitosan dengan *plasticizer* CMC minimal sebesar 5,8 g/m².hari dan maksimal sebesar 13,37 g/m².hari. Breemer *et al.* (2012) mendapatkan nilai laju transmisi uap bioplastik dari pati ubi sebesar minimal sebesar 169,68 g/m².hari serta maksimal sebesar 296,16 g/m².hari.

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian tingkat degradasi bioplastik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa persentase massa hilang bioplastik tertinggi dalam kurun waktu 10 hari adalah bioplastik dengan rasio pati dengan selulosa 1:0,5 serta didelignifikasi menggunakan etanol 5% yakni sebesar 99,9%. Penurunan massa bioplastik mengindikasikan terjadinya penguraian bioplastik oleh aktifitas mikroba. Aktifitas mikroba di dalam tanah akan mendekomposisi polimer pati dan selulosa menjadi potongan-potongan kecil di dalam tanah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin kecil perbandingan massa pati dengan selulosa maka tingkat degradasi bioplastik cenderung semakin baik. Adanya Pengaruh kekuatan ikatan antar molekul hidrogen pati dengan selulosa menyebabkan bioplastik lebih mudah berinteraksi dengan mikroba di dalam tanah (Maladi, 2019). Selain itu, tingginya kadar selulosa dalam bioplastik cenderung menyebabkan ikatan polimer pati-selulosa semakin kuat sehingga bioplastik akan lebih sulit terurai (Panjaitan *et al.*, 2017). Beberapa peneliti telah melaporkan hasil yang serupa terhadap tingkat degradasi bioplastik. Panjaitan *et al.* (2017) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa bioplastik berbahan dasar selulosa batang pisang dan pati umbi talas memiliki nilai % massa hilang sebesar 40% selama 4 hari dan Maladi (2019) menyebutkan bahwa bioplastik selulosa jerami padi dan pati kulit singkong memiliki % massa hilang sebanyak 71% selama 56 hari pengujian.

KESIMPULAN

Hasil penelitian dalam proses sintesis bioplastic menunjukkan bahwa peningkatan massa pati di dalam bioplastik menyebabkan kuat tarik semakin meningkat. Hasil kuat tarik bioplastik tertinggi diperoleh pada rasio pati dan selulosa 1:0,5 dengan kondisi delignifikasi etanol 35%. Nilai tegangan yang diperoleh tersebut sebesar 8,773 Mpa. Peningkatan massa selulosa menyebabkan

turunnya laju transmisi uap pada bioplastik. Nilai laju transmisi uap terkecil diperoleh pada bioplastik dengan perbandingan massa pati dan selulosa 1:1,5 dan didelignifikasi menggunakan etanol 35% yakni sebesar 12 g/m².hari. Peningkatan kandungan selulosa dalam bioplastik menyebabkan tingkat degradasi bioplastik semakin tinggi. Nilai persentase degradasi tertinggi diperoleh pada sampel dengan perbandingan massa pati dan selulosa sebesar 1:0,5 dan didelignifikasi dengan etanol 5% yakni sebesar 99,9%. Pengembangan bioplastik berbahan baku jerami padi diharapkan dapat mengurangi ketergantungan terhadap penggunaan plastik konvensional sehingga dapat menurunkan timbulan serta dampak negatif terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, M.B., Ahmmad, B., Alonzo, S.M.M., & Patriana, M.F., 2014, Bioplastic Based on Starch and Cellulose Nanocrystals From Rice Straw, *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 33(24): 2205–2213.
- Andahera, C, Sholikhah, I., Islamiati, D.A., & Pustitasari, M.D., 2019, Pengaruh Penambahan Jenis dan Konsentrasi Plasticizer Terhadap Kualitas Bioplastik Berbasis Selulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit, *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 2(2): 46–54.
- Badan Pusat Statistik, 2020, Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2020, Jakarta, Indonesia: BPS.
- Bayer, I.S., Guzman-Puyol, S., Heredia-Guerrero, J.A., Ceseracciu, L., Pignatelli, F., Ruffilli, R., Cingolani, R., & Athanassiou, A., 2014, Direct transformation of Edible Vegetable Waste Into Bioplastics, *Macromolecules*, 47: 5135–5143.
- Breemer, R., Polnaya, F.J. & Pattipeilohy, J., 2012, Sifat Mekanik dan Laju Transmisi Uap Air Edible Film Pati Ubi Jalar, *Seminar Nasional Pangan 2012 UPN Veteran*, Yogyakarta, Nopember 13.
- Correia, V. C., Curvelo, A.A.S., Marabezi, K, & Almeida, A.E.F.S.H., 2015, Bamboo Cellulosic Pulp Produced by The Ethanol/Water Process For Reinforcement Applications, *Ciência Florestal*, 25(1): 127–135.

- Elhussieny,A., Faisal, M., D'Angelo, G., Aboulkhair, N.T., Everitt, N.M., & Fahim, I.S., 2020, Valorisation of Shrimp and Rice Straw Waste Into Food Packaging Applications, *Ain Shams Engineering Journal*, 11(4), 1219–1226.
- Ferreira, J.A., Lourenco, A., Margado, F., Duarte, L.C., Roseiro, L.B., Fernandes, M.C., Pereira, H., & Carvalheiro, F., 2021, Delignification of Cistus ladanifer Biomass by Organosolv and Alkali Processes, *Energies*, 14(4): 1–21.
- Hahladakis, J.N., Velis, C.A., Weber, R., Iacovidou, E., & Purnell, P., 2018, An Overview of Chemical Additives Present in Plastics: Migration, Release, Fate and Environmental Impact During Their Use, Disposal and Recycling, *Journal of Hazardous Materials*, 344: 179–199.
- Hamzah, H.M., Bowra, S., & Cox, P., 2020, Effects of Ethanol Concentration on Organosolv Lignin Precipitation and Aggregation from *Miscanthus x giganteus*, *Processes*, 8(7): 1–16.
- Ilyas, R. A., Sapuan, S.M., Ishak, M.R., & Zainudin, E.S., 2017, Effect of Delignification on the Physical, Thermal, Chemical and Structural Properties of Sugar Palm Fibre, *BioResources*, 12(4): 8734– 8754.
- Isroi, I., Cifriadi, A., Panji, T., Wibowo, N.A., & Syamsu, K., 2017, Bioplastic Production from Cellulose of Oil Palm Empty Fruit Bunch, *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 65: 012011.
- Kamsiati, E., Herawati, H., & Purwani, E.Y., 2017, Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia, *Jurnal Litbang Pertanian*, 36(2): 67–76.
- Kurniaty, I., Habibah, U., Yustiana, D., & Fajriah, I., 2017, Proses Delignifikasi Menggunakan NaOH dan Amonia (NH₃) pada Tempurung Kelapa, *Jurnal Integrasi Proses*, 6(4): 197–201.
- Mahfud, R.N.M., Setiawan, A., & Mayangsari, N.E., 2020, Pengaruh Penambahan Carboxy Methyl Cellulose dalam Biodegradable Plastik Kulit Jagung dengan Sorbitol sebagai Plasticizer, *Conference Proceeding on Waste Treatment Technology 3rd*, Surabaya, Oktober 3.
- Maladi, I., 2019, Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Kulit Singkong (Manihot utilissima) dengan Penguat Selulosa Jerami Padi, Polivinil Alkohol, Dan Bio-Compatible Zink Oksida, *Skripsi*, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Mostafa, N.A., Farag, A.A., Hala M. Abo-dief, H.M., & Tayeb, A.M., 2018, Production of Biodegradable Plastic from Agricultural Wastes, *Arabian Journal of Chemistry*, 11(4): 546–553.
- Mukul, S., 2020, Production of Bioplastics and Sustainable Packaging Materials from Rice Straw to Eradicate Stubble Burning: A Mini-Review, *Environment Conservation Journal*, 21(3): 1–5.
- Nata, I.F., Prayogo, J.H., & Arianto, T., 2014, Produksi Bioetanol dari Alkali-Pretreatment Jerami Padi dengan Proses Simultaneous Sacharification and Fermentation (SSF), *Konversi*, 3(1): 10–16.
- Octaviana, M., 2016, Optimasi Preparasi Mikrokrystalin Selulosa dari Sekam Padi Menggunakan H₂O₂ Dan NaOCl Untuk Sintesis CMC (Carboxymethyl Cellulose), *Skripsi*, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Oushabi, A., Sair, S., Hassani, F.O., Abboud, Y., Tanane, O., & El Bouari, A., 2017, The Effect of Alkali Treatment on Mechanical, Morphological, and Thermal Properties of Date Palm Fibers (DPFs): Study of the Interface of DPF-Polyurethane Composite, *South African Journal of Chemical Engineering*, 23: 116–123.
- Panjaitan, R.M., Irdoni, I., & Bahrudin, B., 2017, Pengaruh Kadar dan Ukuran Selulosa Berbasis Batang Pisang Terhadap Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Talas, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, 4(1): 1–7.
- Pomet, M., Juntaro, J., Heng, J.Y., Mantalaris, A., Lee, A.F., Wilson, K., Kalinka, G., & Shaffer, M.S., 2008, Surface Modification of Natural Fibers Using Bacteria: Depositing Bacterial Cellulose Onto Natural Fibers to Create Hierarchical Fiber Reinforced Nanocomposites, *Biomacromolecules*, 9(6): 1643–1651.
- Raj, A.A.S., & Ranganathan, T.V., 2018, Characterization of Cellulose from Jackfruit (*Artocarpus integer*) Peel, *Journal of Pharmacy Research*, 12(3): 311–315.

- Ramirez, M.G.L., Kestur, S.G., Gonzalez, R.M., Iwakiri, S., de Muniz, G.B., & Sahagun, T.S.F., 2014, Bio-Composites of Cassava Starch-Green Coconut Fiber: Part II-Structure and Properties, *Carbohydrate Polymers*, 102: 576-583.
- Rohman, M.A., 2016, Pengaruh Penambahan Glutaraldehida terhadap Karakteristik Film Bioplastik Kitosan Terplastis Carboxy Methyl Cellulose (CMC), *Skripsi*, Universitas Airlangga, Surabaya.
- Roza, I., 2009, Pengaruh Perbedaan Proses Penyediaan Serat dengan Cara Mekanis Limbah Tandan Kosong Sawit Terhadap Papan Serat, *Jurnal Sainstek*, 10(1): 9-17.
- Safitri, R., Anggita, I.D., Safitri, F.M., & Ratnadewi, A.A.I., 2018, Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat dalam Proses Hidrolisis Selulosa dari Kulit Buah Naga Merah (*Hylocereus costaricensis*) untuk Produksi Bioetanol, *9th Industrial Research Workshop and National Seminar Polban (IRONs 2018)*, Bandung, April 6.
- Setiawan, A., Setiani, V., Hardianti, F., & Puspitasari, D., 2019, Pengaruh Pretreatment Alkali Terhadap Karakteristik Fiber Sabut Kelapa Sawit dan Pelelah Pisang Sebagai Komposit Polimer, *Journal of Research and Technology*, 5(2): 120-125.
- Sjafarina, H., Syahbanu, I., & Nurlina, N., 2020, Pengaruh Variasi Komposisi Selulosa Jerami Padi dan Limbah Botol Plastik Polietilen Tereftalat (PET) Terhadap Karakteristik Biodegradable Plastik, *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 3(3): 25-32.
- Susilawati, S., Musatafa, I., & Maulina, D., 2011, Biodegradable Plastics From A Mixture of Low Density Polyethylene (LDPE) and Cassava Starch With The Addition of Acrylic Acid, *Jurnal Natural*, 11(2): 69-73.
- Thompson, R.C., Moore, C.J., Vom Saal, F.S., & Swan, S.H., 2009, Plastics, The Environment and Human Health: Current Consensus and Future Trends. *Philosophical Transaction of The Royal Society B: Biological Science*, 364 (1526): 2153-22166.
- Zhao, X., Cheng, K., & Liu, D., 2009, Organosolv Pretreatment of Lignocellulosic Biomass For Enzymatic Hydrolysis. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 82: 815-827.