

**Pemanfaatan Limbah Jerami Padi dalam Pembuatan Edible Film (Kajian Penambahan Lignin dan Sorbitol)***Utilization of Rice Straw Waste in the Manufacture of Edible Film (Study of the Addition of Lignin and Sorbitol)***Ringgo E. P. Putra, Cakrasena R. Santoso, Titi Susilowati**

Universitas Pembangunan Nasional Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

Email: 18031010125@student.upnjatim.ac.id

**Artikel info****Artikel history**

Diterima : 25-01-2023

Direvisi : 09-02-2023

Disetujui : 20-02-2023

**Kata Kunci:** Jerami Padi;  
Lignin; Selulosa; Edible Film**Keywords:** *Rice Straw;*  
*lignin; Cellulose; Edible Film***Abstrak**

Jerami padi merupakan limbah pertanian berlignoselulosa yang sangat melimpah di Indonesia. Limbah ini umumnya digunakan sebanyak 31% untuk pakan ternak, 7% untuk keperluan industri, dan 62% dibakar dipersawahan. Pembakaran ini dapat menyebabkan gangguan pernafasan seperti ISPA dan kanker. Lignoselulosa sendiri merupakan polisakarida yang terdiri dari lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Kandungan lignin pada jerami padi dapat digunakan untuk produksi edible film, sehingga dapat meningkatkan kegunaannya dan menurunkan persentase pembakaran limbah ini dipersawahan. Edible film adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan dan diletakkan diantara komponen makanan. Komponen utama penyusun edible film yaitu hidrokloid/lipid /komposit, filler, dan zat pemlastis. Kegunaan dari penambahan zat pemlastis yaitu untuk menjadikan edible film elastis. Kegunaan dari filler ini yaitu untuk memodifikasi sifat edible film yang ingin dihasilkan. Contoh dari zat pemlastis dan filler yaitu sorbitol dan lignin. Pada penelitian ini bahan sorbitol dan lignin ditambahkan ke dalam bahan biomassa selulosa yang berasal dari jerami padi. Bahan-bahan ini diaduk menggunakan magnetic stirrer dengan kecepatan 400 rpm dan suhu 65oC selama 25 menit sebelum campuran dicetak diatas plat kaca. Setelah edible film di cetak dan dikeringkan dilakukan analisa kuat tarik dan degradasi pada edible film. Hasil menunjukkan terjadi penurunan nilai kuat tarik edible film dengan tren penurunan terendah pada penambahan lignin lignin 3% dan sorbitol 9 ml. Hasil analisa % degradasi menunjukkan bahwa nilai % degradasi cenderung meningkat tanpa adanya penambahan lignin.

**Abstract**

*Rice straw is a very abundant lignocellulose agricultural waste in Indonesia. This waste is generally used as much as 31% for animal feed, 7% for industrial purposes, and 62% burned in rice fields. This burning can cause respiratory disorders such as ARI and cancer. Lignocellulose itself is a polysaccharide consisting of lignin, cellulose, and hemicellulose. The lignin content in rice straw can be used for the production of edible film, so as to increase its usefulness and reduce the percentage of incineration of this waste in rice fields. Edible film is a thin layer made from edible materials and laid between food components. The main components constituting edible film are hydrocoids/lipids/composites, fillers, and plasticizers. The use of the addition of a plasticizing agent is to make edible film elastic. The use of this filler is to modify the edible nature of the film you want to produce. Examples of oligomeric substances and fillers are sorbitol and lignin. In this study, sorbitol and lignin materials were added to cellulose biomass materials derived from rice straw. These materials are stirred using a magnetic stirrer at a speed of 400 rpm and a temperature of 65oC for 25 minutes before the mixture is printed on a glass plate. After the edible film is printed and dried, an analysis of tensile strength and degradation of the edible film is carried out. The results*

*showed a decrease in the tensile strength value of edible film with the lowest downward trend in the addition of 3% lignin and 9 ml sorbitol. The results of the % degradation analysis show that the value of % degradation tends to increase without the addition of lignin.*

---

**Koresponden author:**

Email:

artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi

CC BY SA

2022



---

## Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris dimana sebagian besar penduduknya adalah petani. Produk yang dihasilkan dari sektor pertanian salah satunya yaitu beras sebagai produk utama dan jerami padi sebagai produk samping (Maulana et al., 2020). Data BPS menyebutkan produksi gabah padi pada tahun 2016 hingga 2020 untuk daerah Kabupaten Sidoarjo berturut-turut sebesar 218.900 ton, 204.425 ton, 239.183 ton, 234.788 ton, dan 225.346 ton dengan rerata didapat sebesar 224.528 ton (BPS, 2021). Rasio antara bobot gabah padi yang dipanen dengan jerami pada saat panen umumnya 2:3, sehingga didapat rata-rata jerami padi yaitu sebesar 336.792 ton (Idawati et al., 2017). Umumnya jerami padi dimanfaatkan sebagai pakan ternak sebesar 31%, 7% untuk keperluan industri dan sisanya akan dibakar dipersawahan (Ambarsari et al., 2019). Hasil pembakaran limbah jerami padi menimbulkan asap yang dapat menyebabkan pencemaran udara dan pencemaran tanah dan bila terhirup akan menjadi penyebab terjadinya berbagai macam penyakit seperti ISPA (infeksi saluran pernafasan), kanker pernapasan, dan lain-lain, sehingga perlu dilakukan cara lain untuk mengatasi limbah jerami padi agar tidak menumpuk (Rhofita, 2016). Salah satu solusinya yaitu dengan memanfaatkan kandungan lignoselulosa pada jerami padi.

Limbah jerami padi mengandung lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin (Sutini et al., 2019). Prosentase kandungan selulosa dalam jerami padi berkisar antara 20-26% dan kandungan lignin sebesar 14-30% (Polnaya et al., 2016; Sukaryani, 2018). Sedangkan berdasarkan analisa kami dengan metode Chesson-Datta, untuk jerami padi dari Kabupaten Sidoarjo memiliki kadar lignin 22,06%, selulosa 38,29%, dan hemiselulosa 10,88%. Tingginya kandungan selulosa dalam lignoselulosa jerami padi menyebabkan jerami padi dapat dimanfaatkan sebagai bahan dalam pembuatan edible film (Polnaya et al., 2016).

Edible film adalah lapisan tipis yang dibuat dari bahan yang dapat dimakan dan diletakkan diantara komponen makanan yang berfungsi sebagai pembatas terhadap transfer massa (misalnya kelembapan, oksigen, lipid, dan zat terlarut), dan sebagai pembawa bahan makanan (Aadil et al., 2016; Polnaya et al., 2016). Komponen utama penyusun edible film yaitu hidrokloid, lipid, dan komposit (Polnaya et al., 2016). Dalam penelitian ini bahan komposit yang digunakan adalah selulosa. Selulosa merupakan produk biosintetik dari tumbuhan, yang merupakan penyusun dinding sel tanaman berupa polimer linier yang merupakan polisakarida berbobot molekul tinggi (Kuutti, 2013; Sharma et al., 2020). Ikatan yang panjang tersebut tersusun atas banyak molekul glikopiranosa. Pada dinding tanaman berikatan dengan lignin dan hemiselulosa membentuk ikatan lignoselulosa yang memberikan kekuatan mekanis dan kekakuan untuk melindungi tanaman (Ashter, 2016).

Selain selulosa ditambahkan bahan lain yaitu maizena. Maizena akan berfungsi sebagai hidrokoloid yang akan menyebabkan produk yang dihasilkan memiliki sifat lentur dan kuat (Kartikasari et al., 2016). Sifat tersebut ada karena kandungan amilosa dan amilopektin yang menyebabkan produk tersebut berperan sebagai improver. Improver sendiri adalah bahan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat bahan lain (Nisah, 2018). Penambahan amilosa pada suatu produk akan menghasilkan terjadinya pembentukan ikatan hidrogen antarmolekul glukosa penyusunnya dan selama pemanasan mampu membentuk jaringan tiga dimensi yang dapat memerangkap air sehingga menghasilkan gel yang kuat (Muin et al., 2017). Kadar amilosa maizena adalah 27-35,10% dan amilopektin adalah 60-73% (Aini et al., 2016). Selain bahan-bahan diatas (Souza de Miranda et al., 2015) mengatakan bahwa produk edible film dapat ditambahkan filler. Filler umumnya ditambahkan untuk memperbaiki sifat yang buruk dari suatu bahan seperti memperkuat dan menurunkan kerapuhan (Merijs-Meri et al., 2019). Lignin dalam lignoselulosa dapat dimanfaatkan sebagai filler dalam edible film (Zhang et al., 2017).

Penambahan lignin dapat menurunkan kelarutan edible film sehingga akan meningkatkan waktu degradasi (Zadeh et al., 2018). Penurunan kelarutan edible film akan menyebabkan kuat tarik edible film menurun sehingga perlu ditambahkan bahan lain untuk meningkatkan elastisitas dan kuat tariknya. Plasticizer berguna untuk mengurangi kekakuan polimer sehingga diperoleh lapisan yang elastis dan fleksibel, untuk mengatasi sifat rapuh, mudah patah, dan kurang elastis (Putra et al., 2017). Plasticizer menurunkan kekakuan polimer dengan cara menurunkan gaya intermolekul dan meningkatkan fleksibilitas film dengan memperlebar ruang kosong molekul serta melemahkan ikatan hidrogen rantai polimer (Yang et al., 2019). Sorbitol dipilih sebagai plasticizer dalam penelitian ini karena kelarutannya dalam air yang tinggi (Sitompul & Zubaidah, 2017).

Riset tentang edible film telah dilakukan diberbagai negara. Salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh (Aadil et al., 2016) dimana penambahan 0,4% v/v lignin pada gelatin memberikan kuat tarik sebesar 0,28 MPa, sedangkan nilai kuat tarik edible film gelatin (tanpa penambahan lignin) yaitu sebesar 1,22 MPa. Selain itu menambahkan penambahan 2% w/w lignin pada soy protein isolate memberikan kuat tarik 4,11 MPa, nilai ini lebih kecil dari nilai kuat tarik edible film tanpa penambahan lignin yaitu sebesar 4,74 MPa (Zadeh et al., 2018). Penambahan lignin pada penelitian-penelitian itu dilakukan dengan lignin dan bahan utama dari sumber yang berbeda. Berdasarkan percobaan pendahuluan yang dilakukan penambahan lignin diatas 10% w/w memberikan produk edible film yang getas dan mudah hancur. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mencoba membuat edible film dengan lignin dan bahan utama dari sumber yang sama sehingga dapat diketahui variasi penambahan lignin untuk mendapatkan kuat tarik dan waktu degradasi yang optimal.

## **Metode Penelitian**

### **Pretreatment**

Jerami padi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari persawahan di daerah Waru, Sidoarjo. Jerami padi tersebut dicuci kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari hingga berwarna kecoklatan dan kering. Jerami padi yang telah kering akan dipotong dengan ukuran  $\pm$  3 cm dan dihaluskan dengan blender sebelum diayak dengan ayakan 50 mesh. Hasil lolos ayakan berupa serbuk jerami padi.

Dilakukan isolasi selulosa dari serbuk jerami padi menggunakan metode organosolv dengan larutan ethanol 70% selama 20 jam dalam suhu ruang dengan perbandingan 1:20 untuk ethanol. Organosolv dipilih karena menghasilkan lignin dengan kadar puristas tinggi, sedikitnya residu karbohidrat dan mineral yang terbawa oleh solven, dan menghasilkan lignin dengan berat molekul rendah (Abraham, 2017; Bajpai, 2017). Metode pretreatment organosolv ini akan menghasilkan dua produk yakni fraksi solid yang merupakan biomassa kaya selulosa dan fraksi liquid yang terlarut lignin dan hemiselulosa, dimana fraksi liquid dapat dipisahkan lagi menjadi liquid kaya hemiselulosa dan padatan lignin hasil presipitasi (Nitsos et al., 2017).

Fraksi solid akan dikeringkan hingga berat konstan dengan oven bersuhu 110°C lalu direndam dalam larutan HCl 0,2 M selama 2 jam dengan suhu 50°C. Setelahnya akan dilakukan filtrasi menggunakan kertas saring. Hasil padatan akan dikeringkan dengan oven bersuhu 110°C hingga berat konstan lalu disimpan sebagai serbuk selulosa sedangkan filtrat akan dibuang. Fraksi liquid dari organosolv berupa lignin terlarut dalam ethanol akan ditambahkan larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hingga berpH=2 dan dipanaskan diatas kuahi hingga terbentuk precipitat. Precipitat akan dipisahkan dengan filtrasi dan dikeringkan dengan oven bersuhu 110°C hingga berat konstan kemudian disimpan sebagai serbuk lignin.

### Pembuatan Edible Film

Edible film dibuat dengan menambahkan serbuk selulosa ke dalam 30 ml aquadest diatas magnetic stirrer bersuhu 65°C dan diaduk dengan kecepatan 400 rpm. Maizena 1 g dalam 10 ml kemudian ditambahkan kedalam campuran. Lignin ditambahkan dengan variasi 0%,1%,2%, dan 3% sedangkan sorbitol ditambahkan dengan variabel 3,5,7,9 ml. Pengadukan dilakukan selama 25 menit. Hasil campuran dicetak diatas pelat kaca dan dikeringkan dibawah suhu ruang selama 72 jam. Setelah kering hasil cetakan dilepas dari plat kaca dan disimpan dalam plastik wrap sebelum dilakukan analisa.

## Hasil dan Pembahasan

### Analisa Kuat Tarik dan Laju Degradasi

Analisa kuat tarik edible film dilakukan menggunakan alat stress analyzer dengan hasil sebagai berikut :

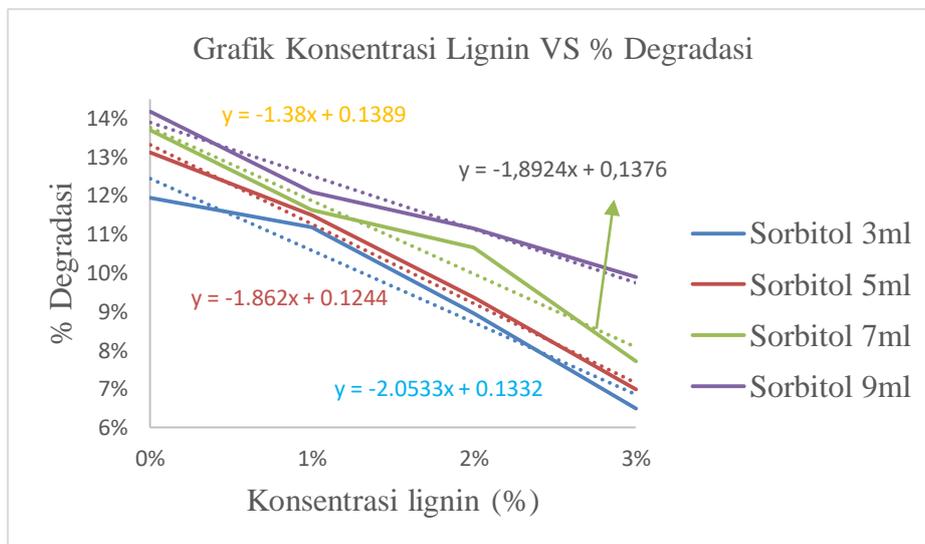
**Tabel 1. Hasil Analisa Kuat Tarik Edible Film Terhadap berbagai variasi Lignin dan Sorbitol**

	Lignin			
	0%	1%	2%	3%
Sorbitol 3 ml	0,271 MPa	0,107 MPa	0,082 MPa	0,015 MPa
Sorbitol 5 ml	0,187 MPa	0,083 MPa	0,067 MPa	0 MPa
Sorbitol 7 ml	0,12 MPa	0,076 MPa	0,039 MPa	0 MPa
Sorbitol 9 ml	0,108 MPa	0,073 MPa	0,022 MPa	0 MPa

Berdasarkan tabel 1. hasil analisa kuat tarik, kuat tarik tertinggi yaitu sebesar 0,271 MPa yang didapat pada bioplastik dengan sorbitol 3 ml. Kuat tarik terendah yaitu sebesar 0 MPa yang didapat pada bioplastik dengan sorbitol 5 - 9 ml dan lignin 3%. Hasil ini masih belum memenuhi standar edible film menurut Japanese Industrial Standard (JIS) No. 1707 tahun 2019 yang mana edible film harus memiliki nilai kuat tarik min 0,3923 MPa (Santoso, 2020).

Peningkatan konsentrasi lignin dan volume sorbitol menyebabkan kuat tarik bioplastik menurun. Lignin yang ditambahkan kedalam edible film akan berfungsi sebagai filler yang akan masuk kedalam matriks polimer dan akan berikatan dengan gugus OH dari polimer (Merijs-Meri et al., 2019). Sehingga dengan adanya filler, campuran akan semakin padat dan kaku (Maryanti et al., 2018). Gugus Hidroksi (OH) dalam lignin serta sifat hidrofobiknya mengakibatkan edible film yang terbentuk memiliki nilai kuat tarik yang lebih rendah dibandingkan tanpa penambahan lignin (Souza de Miranda et al., 2015). Semakin tinggi volume sorbitol yang digunakan menyebabkan semakin rendah nilai kuat tarik bioplastik, hal ini dikarenakan sorbitol menurunkan ikatan hidrogen antara bahan penyusun sehingga jarak antara bahan meningkat dan nilai kuat tarik menurun (Rahmawati et al., 2019).

Edible film pada tanah lalu diamati perubahan-perubahan yang terjadi. Dari pengamatan yang telah dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut :



**Gambar 1. Pengaruh konsentrasi lignin (%) terhadap % degradasi pada berbagai volume sorbitol**

Berdasarkan gambar 1. Pengaruh konsentrasi lignin, nilai % degradasi terbesar yaitu sebesar 14,1729% yang didapat pada bioplastik dengan penambahan sorbitol 9 ml. Nilai % degradasi terkecil yaitu sebesar 6,4852% pada bioplastik dengan penambahan lignin 3% dan sorbitol 3 ml. Peningkatan konsentrasi lignin menyebabkan % degradasi bioplastik menurun dan peningkatan volume sorbitol menyebabkan % degradasi meningkat. Peningkatan konsentrasi lignin menyebabkan % degradasi menurun, hal ini disebabkan oleh lignin yang merupakan polimer yang terdiri dari unit fenilpropane yang saling berikatan silang dengan ikatan kimia yang bervariasi. Struktur lignin yang kompleks ini menyulitkan mikroba untuk mendegradasi bioplastik (Suryani, 2021). Peningkatan volume sorbitol menyebabkan meningkatnya nilai % degradasi, hal ini dikarenakan sifat sorbitol yang hidrofilik yang berarti dapat berikatan dengan air. Air merupakan media hidup untuk mikroba pengurai, sehingga semakin tinggi sorbitol maka semakin cepat proses penguraian (Arief et al., 2021).

## Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian ini adalah bahwa edible film yang dibuat dari limbah jerami padi yang ditambahkan lignin sebagai filler dan sorbitol sebagai plasticizer masih belum memenuhi standar menurut Japanese Industrial Standard (JIS) No. 1707 tahun 2019. Hal ini dikarenakan adanya struktur lignin yang kompleks dan rumit sehingga menyebabkan kaku dan sulit terurai. Penambahan sorbitol sebagai zat pemlastis menyebabkan % degradasi meningkat dan nilai kuat tarik menurun hal ini dikarenakan sorbitol menurunkan ikatan hidrogen antara bahan penyusun sehingga jarak antara bahan meningkat. Kombinasi terbaik untuk memadukan antara lignin dan sorbitol yaitu dengan lignin 2% dan sorbitol 5 ml yang ditinjau berdasarkan nilai kuat tarik sebesar 0,067 MPa dan % degradasi sebesar 11,1859% selama masa pengujian 6 hari.

## Bibliografi

- Aadil, K. R., Barapatre, A., & Jha, H. (2016). Synthesis and characterization of Acacia lignin-gelatin film for its possible application in food packaging. *Bioresources and Bioprocessing*, 3(1), 1–11.
- Abraham, M. (2017). *Encyclopedia of sustainable technologies*. Elsevier.
- Aini, N., Wijonarko, G., & Sustrawan, B. (2016). Sifat fisik, kimia, dan fungsional tepung jagung yang diproses melalui fermentasi. *Agritech*, 36(2), 160–169.
- Ambarsari, W., Suherman, A., & Mahmud, Y. (2019). Jerami Padi Fermentasi sebagai Alternatif Solusi Pakan Sapi Berkualitas di Desa Majasari, Indramayu. *Abdi Wiralodra: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(2), 80–94.
- Arief, M. D., Mubarak, A. S., & Pujiastuti, D. Y. (2021). The concentration of sorbitol on bioplastic cellulose based carrageenan waste on biodegradability and mechanical properties bioplastic. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 679(1), 12013.
- Ashter, S. A. (2016). *Introduction to bioplastics engineering*. William Andrew.
- Bajpai, P. (2017). *Carbon fibre from lignin*. Springer.
- BPS. (2021). *Luas Panen, Rata-rata Produksi dan Produksi Padi Sawah dan Ladang*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Sidoarjo.
- Idawati, I., Rosnina, R., Jabal, J., Sapareng, S., Yasmin, Y., & Yasin, S. M. (2017). Penilaian kualitas kompos jerami padi dan peranan biodekomposer dalam pengomposan. *Journal Tabaro Agriculture Science*, 1(2), 127–135.
- Kartikasari, S. N., Sari, P., & Subagio, A. (2016). Karakterisasi sifat kimia, profil amilografi (rva) dan morfologi granula (sem) pati singkong termodifikasi secara biologi. *Jurnal*

*Agroteknologi*, 10(01), 12–24.

Kuutti, L. (2013). *Cellulose, starch and their derivatives for industrial applications: Structure-property studies*.

Maryanti, E., Gustian, I., & Bagaskara, I. (2018). *Pengaruh Penambahan Nanopartikel ZnO yang Disintesis Menggunakan Capping Agent Bawang Putih Terhadap Sifat Kuat Tarik dan Perpanjangan Putus Bioplastik dari Pati Ubi Jalar*.

Maulana, A. W., Rochdiani, D., & Sudrajat, S. (2020). Analisis Biaya, Pendapatan Dan R/C Agroindustri Tahu Di Desa Cidadap Kecamatan Ciamis Kabupaten Ciamis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agroinfo Galuh*, 7(2), 324–331.

Merijs-Meri, R., Zicans, J., Ivanova, T., Bochkov, I., Varkale, M., Franciszczak, P., Bledzki, A. K., Danilovas, P. P., Gravitis, J., & Rubenis, K. (2019). Development and characterization of grain husks derived lignocellulose filler containing polypropylene composites. *Polymer Engineering & Science*, 59(12), 2467–2473.

Muin, R., Anggraini, D., & Malau, F. (2017). Karakteristik fisik dan antimikroba edible film dari tepung tapioka dengan penambahan gliserol dan kunyit putih. *Jurnal Teknik Kimia*, 23(3), 191–198.

Nisah, K. (2018). Study pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin umbi-umbian terhadap karakteristik fisik plastik biodegradable dengan plastizicer gliserol. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 5(2), 106–113.

Nitsos, C., Rova, U., & Christakopoulos, P. (2017). Organosolv fractionation of softwood biomass for biofuel and biorefinery applications. *Energies*, 11(1), 50.

Polnaya, F. J., Ega, L., & Wattimena, D. (2016). Karakteristik edible film pati sagu alami dan pati sagu fosfat dengan penambahan gliserol. *Agritech*, 36(3), 247–252.

Putra, A. D., Johan, V. S., & Efendi, R. (2017). Penambahan sorbitol sebagai plasticizer dalam pembuatan edible film pati sukun. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Pertanian*, 4(2), 1–15.

Rahmawati, M., Arief, M., & Satyantini, W. H. (2019). The effect of sorbitol addition on the characteristic of carrageenan edible film. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236(1), 12129.

Rhofita, E. I. (2016). Kajian pemanfaatan limbah jerami padi di bagian hulu. *Jurnal Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 1(2), 74–79.

Santoso, B. (2020). *Edible Film Teknologi dan Aplikasinya*. Unsri Press.

- Sharma, K., Goyat, M. S., & Vishwakarma, P. (2020). Synthesis of Polymer Nano-composite coatings as corrosion inhibitors: A quick review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 983(1), 12016.
- Sitompul, A. J. W. S., & Zubaidah, E. (2017). Pengaruh jenis dan konsentrasi plasticizer terhadap sifat fisik edible film kolang kaling (*Arenga pinnata*). *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 5(1).
- Souza de Miranda, C., Ferreira, M. S., Magalhães, M. T., Gonçalves, A. P. B., Carneiro de Oliveira, J., Guimarães, D. H., & José, N. M. (2015). Effect of the glycerol and lignin extracted from Piassava fiber in cassava and corn starch films. *Materials Research*, 18, 260–264.
- Sukaryani, S. (2018). Kajian Kandunganlignin Dan Selulosa Jerami Padi Fermentasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 2(2).
- Suryani, R. R. (2021). *Pemanfaatan protein ampas tahu sebagai bahan dasar pembuatan Bioplastik (Plastik Biodegradable)*. UIN Sunan Ampel Surabaya.
- Sutini, S., Widiastuty, Y. R., & Ramadhani, A. N. (2019). Hidrolisis Lignoselulosa dari Agricultural Waste Sebagai Optimasi Produksi Fermentable Sugar. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 3(2), 59–68.
- Yang, J., Ching, Y. C., & Chuah, C. H. (2019). Applications of lignocellulosic fibers and lignin in bioplastics: A review. *Polymers*, 11(5), 751.
- Zadeh, E. M., O’Keefe, S. F., & Kim, Y.-T. (2018). Utilization of lignin in biopolymeric packaging films. *ACS Omega*, 3(7), 7388–7398.
- Zhang, Y., Liao, J., Fang, X., Bai, F., Qiao, K., & Wang, L. (2017). Renewable high-performance polyurethane bioplastics derived from lignin–poly ( $\epsilon$ -caprolactone). *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(5), 4276–4284.