



PENGARUH CARBOXYMETHYL CELULOSE TERHADAP KARAKTERISTIK BIOPLASTIK MENGGUNAKAN TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT DAN PATI AMPAS TAHU

Alma Alfiani, Nia Sasria*, Muthia Putri Darsini Lubis

Teknik Material dan Metalurgi, Jurusan Ilmu Kebumihan dan Lingkungan, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan Utara, 76127, Indonesia

*Email: niasasria@lecturer.itk.ac.id

Abstrak

Bioplastik merupakan plastik yang terbuat dari bahan yang bisa terdegradasi dengan baik. Bioplastik dapat dibentuk dengan bahan-bahan seperti pati dan selulosa. Untuk memperoleh bioplastik dengan kualitas yang baik maka dapat menggunakan pemlastis seperti sorbitol dan zat aditif seperti *carboxymethyl cellulose* (CMC). Studi ini mengkaji pengaruh penambahan *carboxymethyl cellulose* (CMC) terhadap daya serap air, biodegradasi, dan kuat tarik bioplastik. Setelah diperoleh pati dari ampas tahu dan selulosa dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS), lalu bioplastik disintesis dengan Massa CMC divariasikan 2, 3, 4, dan 5 g. Berdasarkan hasil uji yang dilakukan, didapatkan hasil terbaik pada penambahan massa CMC sebesar 5 g dengan hasil daya serap air, biodegradasi, kuat tarik, dan elongasi adalah sebesar 41,69%, 22,43%, 0,089 MPa, dan 1%.

Kata Kunci: Bioplastik; CMC; Pati; Selulosa

Abstract

Bioplastics are plastics made from materials that can be adequately degraded. Bioplastics can be formed with materials such as starch and cellulose. Plasticizers such as sorbitol and additives such as carboxymethyl cellulose (CMC) can be used to obtain good-quality bioplastics. This study examines the effect of adding carboxymethyl cellulose (CMC) on bioplastic water absorption, biodegradation, and tensile strength. After obtaining starch from tofu dregs and cellulose from empty palm oil bunches (EPB), bioplastics were synthesized with CMC masses varied by 2, 3, 4, and 5 g. Based on the test results, the best results were obtained for adding 5 g of CMC mass with water absorption, biodegradation, tensile strength, and elongation 41.69%, 22.43%, 0.089 MPa, and 1%.

Keywords: Bioplastic; CMC; Starch; Cellulose

1. PENDAHULUAN

Bioplastik merupakan plastik yang terbuat dari bahan yang bisa terdegradasi dengan baik di lingkungan. Bioplastik dibuat dengan tujuan agar memudahkan proses degradasi terhadap reaksi enzimatik mikroorganisme. Bioplastik dapat dibentuk dengan bahan-bahan seperti pati, selulosa, poli asam laktat (PLA), poli hidroksi alkanolat (PHA), dan protein (Januastuti, 2015). Salah satu bahan untuk membuat plastik ramah lingkungan yaitu protein. Untuk mendapatkan protein dapat diperoleh dari ampas tahu dikarenakan mengandung protein dalam jumlah yang tinggi. Ampas tahu adalah limbah padat

yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu oleh kedelai. Pada ampas tahu selain memanfaatkan proteinnya, tetapi juga bisa memanfaatkan pati yang ada dalam ampas tahu, pati didapatkan dengan mengekstrak bahan nabati yang mengandung karbohidrat.

Bioplastik yang terbuat dari pati memiliki kekurangan yaitu resistensi terhadap air rendah dikarenakan sifat hidrofilik akan berpengaruh terhadap stabilitasnya dan sifat mekanik yang rendah (Intandiana et al, 2019). Oleh karena itu diperlukan solusi untuk mengatasi hal tersebut, yaitu pencampuran pati dan selulosa. Hal ini dikarenakan

selulosa memiliki daya serap air yang rendah. Selulosa yang akan digunakan adalah Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS).

TKKS merupakan limbah dengan kandungan selulosa yang tinggi. Komposisi penyusun dari TKKS yaitu selulosa, lignin, holoselulosa, hemiselulosa, air dan zat ekstraktif lainnya. Pemanfaatan selulosa memiliki potensi sebagai bahan pembuatan plastik ramah lingkungan dikarenakan selulosa merupakan salah satu polimer alami yang melimpah, mudah terdegradasi di alam, serta terbarukan (Tamiogy et al, 2018).

Menurut Kalsum et al. (2020), CMC berperan sebagai bahan pengental, pembentuk gel, dan perekat terhadap plastik *biodegradable*, sedangkan sorbitol sebagai pemlastis yaitu agar meningkatkan ketahanan, fleksibilitas serta mengurangi kerapuhan pada bioplastik dari ampas tebu dan ampas tahu. Menurut Nurfauzi et al. (2018), penambahan CMC dapat meningkatkan kekuatan tarik pada bioplastik dari tepung jagung. Menurut Septiosari et al. (2014), sifat hidrofilik dan gugus hidroksil pada molukel CMC dapat menyebabkan bioplastik terdegradasi baik di alam sehingga tidak menimbulkan adanya pencemaran pada lingkungan sekitarnya.

Berdasarkan studi oleh Kalsum et al. (2020), diperoleh hasil terbaik bioplastik pada 11 g CMC dengan 10 ml sorbitol dengan kuat tarik sebesar 0,094 mPa, nilai elongasi sebesar 3,84%, terdegradasi selama 17 hari tetapi pada kondisi daya serap airnya kurang baik yaitu memiliki daya serap 95,04%. Untuk memperoleh bioplastik dengan kualitas yang baik maka diperlukan penambahan bahan seperti pemlastis sorbitol dan zat aditif CMC (*Carboxymethyl Cellulose*). Oleh karena itu, diperlukan penelitian tentang pemanfaatan selulosa dari TKKS dan pati ampas tahu dalam pembuatan bioplastik dengan penambahan pemlastis sorbitol dan zat aditif CMC.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Pati Dari Ampas Tahu

Air ditambahkan ke ampas tahu lalu diperas sedikit demi sedikit dengan memakai kain yang bersih hingga menghasilkan pati. Setelah itu, didiamkan dalam wadah selama 24 jam agar pati dapat mengendap. Endapan tersebut disaring kembali dengan memakai kain yang lebih halus sehingga menghasilkan pati ampas tahu. Pati dikeringkan dengan cara dijemur selama 12 jam, kemudian dihaluskan kembali dengan menggunakan blender hingga teksturnya menjadi lebih halus.

2.2 Selulosa Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit

Serabut TKKS dicuci dan dikeringkan, lalu dipotong menjadi ukuran 2 cm. Kemudian, serabut TKKS dididignifikasi selama 3 jam pada suhu 70-80°C dengan larutan NaOH 12%. Lalu dilakukan penyaringan dan pencucian hingga pH netral. Kemudian dilakukan proses bleaching dengan memakai larutan H₂O₂ 10% selama 1,5 jam pada suhu 70-80°C. Lalu selulosa direndam dalam CH₃COOH 10% selama 2 jam pada suhu 60-90°C. Proses ini

dilakukan untuk membuat serat selulosa menjadi berwarna putih dan teksturnya halus.

2.3 Pembuatan Bioplastik

Pati dan selulosa dengan perbandingan massa 1:1 ditambahkan dengan CMC sebanyak 2, 3, 4, dan 5 g. CMC ditambahkan bersama dengan 4 ml pemlastis sorbitol. Campuran ini diaduk dan dipanaskan selama 20 menit pada suhu 180°C sampai mengental. Selanjutnya, dicetak menggunakan teflon dan dikeringkan dalam oven hingga terbentuk film bioplastik. Lembaran bioplastik kemudian dilakukan beberapa pengujian.

2.4 Uji Daya Serap Air

Pengujian bertujuan untuk mengetahui batas kemampuan film bioplastik dalam menyerap air sampai batas maksimal. Film bioplastik dipotong berukuran 3×3 cm. Potongan film bioplastik tersebut ditimbang berat awalnya, dan setelah itu dimasukkan ke dalam gelas beaker yang telah berisikan aquades sebanyak 50 mL selama 1 menit. Sampel yang telah direndam lalu diangkat dan dikeringkan dengan menggunakan tisu. Sampel ditimbang sehingga diperoleh air yang diserap. Berdasarkan persamaan 1 berikut, maka dapat diketahui bahwa (Putra, 2017):

$$\text{Daya Serap Air (\%)} = \frac{m_{\text{awal}} - m_{\text{akhir}}}{m_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (1)$$

dengan m_{awal} adalah berat awal saat sampel kering (g) dan m_{akhir} adalah berat akhir setelah direndam air (g).

2.5 Uji Biodegradasi

Pengujian ini menggunakan metode *soil burial test* yang bertujuan untuk mengetahui berapa lama waktu yang diperlukan agar film bioplastik dapat terdegradasi di dalam tanah (Sasria et al, 2020). Film bioplastik dipotong dengan ukuran yaitu 3×3 cm, lalu potongan film tersebut ditanam dengan tanah selama 7 hari (Solekah et al, 2021) dan selama pengujian perlu dilakukannya pengecekan pada sampel di setiap harinya. Setelah itu potongan film tersebut diambil dan dibersihkan dari sisa-sisa tanah yang masih menempel pada sampel, lalu kemudian dilakukan menimbang berat akhirnya. Berdasarkan persamaan 2 di bawah ini, maka persentase biodegradasi dapat dihitung.

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

dengan m_{awal} adalah berat awal (g) dan m_{akhir} adalah berat akhir (g).

2.6 Uji Tarik

Kuat tarik merupakan tegangan maksimum material untuk dapat menahan gaya tarik sebelum putus (Harahap, 2020). Uji tarik dilakukan di Laboratorium Terpadu Institut Teknologi Kalimantan dengan menggunakan mesin Tensilon RTF-2410 dengan total spesimen sebanyak 12 buah. Uji tarik merupakan pengujian tegangan-regangan mekanik yang berfungsi untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum (UTS) dan pertambahan panjang (elastisitas) pada film bioplastik. Uji tarik dilakukan

dengan mengacu pada ASTM D882. Nilai kuat tarik pada sampel bioplastik dihitung dengan menggunakan persamaan 3 berikut:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A} \quad (3)$$

dengan σ adalah kuat tarik (N/m^2), F_{maks} adalah gaya maksimum (N), dan A adalah luas penampang (m^2). Persen pemanjangan (elongasi) dapat diketahui dengan persamaan 4 sebagai berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (4)$$

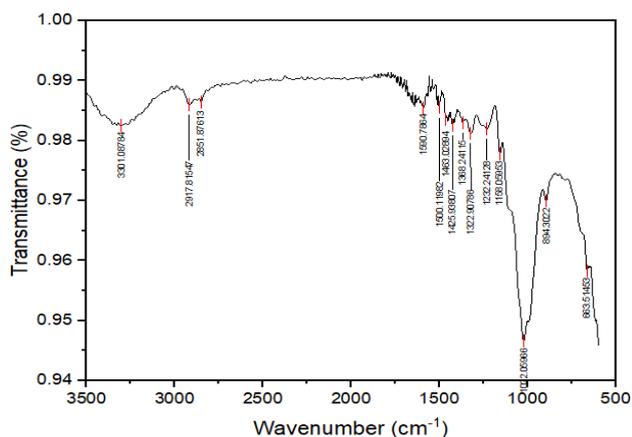
dengan ε adalah elongasi (%), $\Delta L=(L-L_0)$ adalah pertambahan panjang (mm), L_0 adalah panjang mula-mula (mm).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Uji Fourier Transform Infrared (FTIR)

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa gugus fungsi aktif terdapat pada TKKS yaitu gugus fungsi O-H ditunjukkan dengan bilangan gelombang 3301,08 cm^{-1} dan gugus fungsi ini menunjukkan terdapat selulosa pada TKKS (Dian, 2018). Selanjutnya, gugus fungsi C-H stretching dengan bilangan gelombang 2917, 81 cm^{-1} dan 2851,87 cm^{-1} , gugus fungsi C=C pada bilangan gelombang 1590,90 dan 1425,92 cm^{-1} , serta gugus fungsi C-O stretching dengan bilangan gelombang 1232,24 cm^{-1} ; 1158,05 cm^{-1} ; dan 1022,05 cm^{-1} . Sehingga dapat dikatakan bahwa gugus fungsi C-H stretching, O-H stretching, dan C-O menunjukkan bahwa terdapat selulosa pada TKKS. Pada gugus fungsi C=C mengindikasikan bahwa masih adanya lignin pada TKKS (Pradana, 2017).

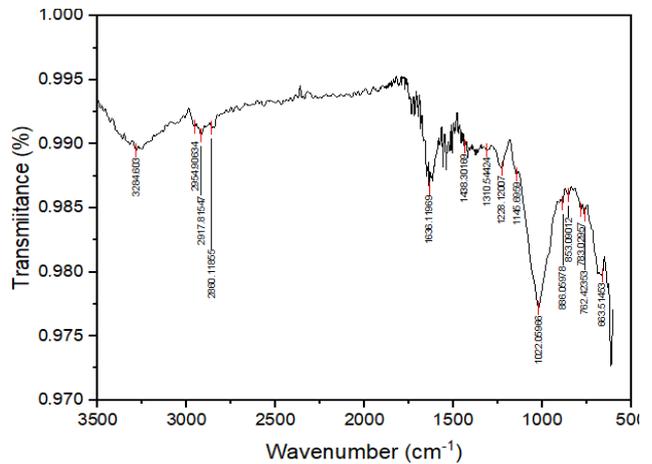
Menurut Simatupang et al. (2012), peningkatan konsentrasi NaOH memudahkan pemutusan ikatan senyawa penyusun lignin sehingga lignin lebih mudah dilarutkan saat proses delignifikasi dan pada konsentrasi yang lebih tinggi akan menyebabkan perusakan perusakan senyawa lignin yang menyebabkannya ikut terlarut pada pelarut.



Gambar 1. Spektra FTIR TKKS

Berdasarkan Gambar 2, terlihat bahwa gugus fungsi aktif terdapat pada pati ampas tahu yaitu gugus fungsi O-H ditunjukkan dengan bilangan gelombang 3284,60 cm^{-1} . Selanjutnya, gugus fungsi C-H stretching dengan bilangan gelombang 2954,90 cm^{-1} ; 2917,81 cm^{-1} ; dan 2860,11 cm^{-1} . Lalu adanya serapan pada bilangan gelombang 1636,11 cm^{-1} yang

mengindikasikan terdapat gugus fungsi C=O (Sasria et al., 2021), gugus fungsi C-H pada bilangan gelombang 1438,30 cm^{-1} , gugus fungsi C-N dengan bilangan gelombang 1310,54 cm^{-1} , gugus fungsi C-O dengan bilangan gelombang 1228,12 cm^{-1} ; 1145,69 cm^{-1} ; dan 1022,05 cm^{-1} . Secara garis besar data spektrum IR mengindikasikan bahwa terdapat gugus fungsi utama yaitu gugus fungsi hidroksil (O-H) dan gugus alifatik (C-H) (Suryani et al., 2021).



Gambar 2. Spektra FTIR pati ampas tahu

3.2 Analisis Ketebalan Pada Bioplastik

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa semakin banyak konsentrasi CMC yang digunakan, maka dapat berpengaruh terhadap ketebalan dari bioplastik yang semakin naik di setiap variasinya. Ketebalan dari bioplastik dapat dipengaruhi oleh banyaknya total padatan yang terdapat pada larutan.

Tabel 1. Ketebalan pada bioplastik

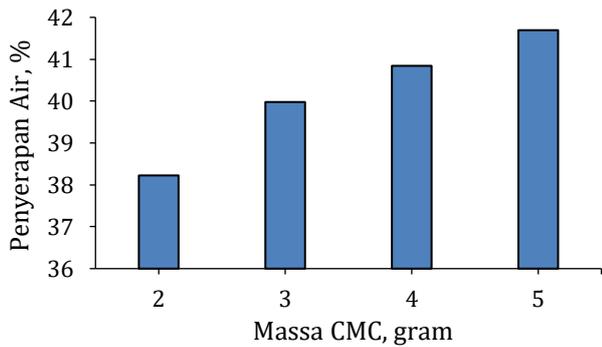
No.	Variasi CMC (gr)	Ketebalan (mm)
1	2	0,101
2	3	0,110
3	4	0,118
4	5	0,125

Berdasarkan penelitian Putra et al., (2017), nilai ketebalan terbesar yaitu 0,25 mm diperoleh dari edible film dengan penambahan sorbitol 1,4%. Edible film tanpa penambahan sorbitol memiliki nilai ketebalan terkecil yaitu sebesar 0,19 mm. Peningkatan konsentrasi sorbitol meningkatkan nilai ketebalan edible film. Hal ini disebabkan karena semakin banyak konsentrasi sorbitol yang ditambahkan dapat meningkatkan total padatan dalam larutan yang akan mempengaruhi ketebalan edible film, dimana ketika zat menguap maka edible film yang terbentuk semakin tebal seiring dengan semakin banyaknya total padatan yang mengendap sebagai bahan pembentuk edible film.

3.3 Uji Daya Serap Air

Berdasarkan diagram pada Gambar 5, terlihat bahwa tingkat daya serap air yang paling rendah adalah dengan variasi CMC 2 g yang memiliki nilai sebesar 38,23% dengan ketahanan air sebesar 85,06%, karena

dengan semakin rendah penyerapan air pada suatu film bioplastik maka ketahanan airnya semakin tinggi. Nilai daya serap air tertinggi didapatkan pada variasi CMC 5 gr dengan nilai sebesar 41,69% dengan ketahanan air sebesar 75,89%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan Kalsum et al., (2020) yaitu penyerapan air tertinggi pada variasi 11 g dengan nilai sebesar 95,04%, serta untuk penyerapan air terendah pada variasi 3 g dengan nilai sebesar 43,90%. Hal tersebut menunjukkan adanya air yang berdifusi ke plastik sehingga dapat mengikat air dan hidrogen.

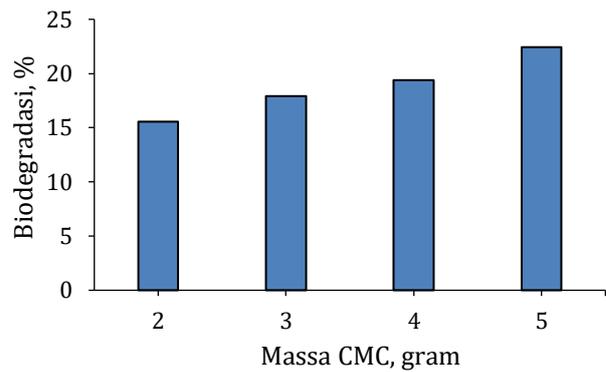


Gambar 5. Hasil uji daya serap

Kenaikan persentase daya serap air disebabkan karena CMC bersifat hidrofilik atau mudahlarut dalam air dan peningkatan jumlah konsentrasi CMC dapat menyebabkan peningkatan daya serap air (Mulyadi et al., 2013). Selain CMC, sorbitol sebagai pemlatis juga memiliki sifat hidrofilik yang memiliki kemampuan mengikat air dan mempengaruhi daya serap air pada bioplastik (Hapsari, 2021). Dengan bertambahnya komponen hidrofilik pada film menyebabkan uap air mudah untuk menembus film. Hal ini dapat meningkatkan nilai daya serap air.

3.4 Uji Biodegradasi

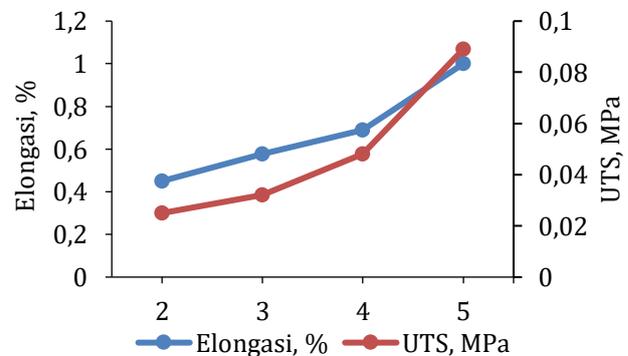
Pada Gambar 6, diketahui bahwa nilai uji biodegradasi tertinggi berada pada CMC 5 g dimana selama 7 hari uji hanya mengalami penyusutan pada ukuran film jika dibandingkan dengan ukuran film semula. Nilai biodegradasi terendah berada pada CMC 2 g dimana lubang-lubang kecil pada permukaan, terurai menjadi potongan-potongan kecil, dan juga rapuh. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Hapsari, (2021) yang mengatakan bahwa bioplastik dengan CMC 0% belum terdegradasi dengan sempurna dan belum terurai menjadi potongan kecil dalam waktu 5 hari. Sehingga bisa disimpulkan bahwa dengan penambahan CMC pada bioplastik akan memperlambat degradasi film dan membutuhkan waktu yang lama untuk terdegradasi dengan sempurna.



Gambar 6. Hasil uji biodegradasi

3.5 Uji Tarik

Gambar 7 menunjukkan bahwa dengan penambahan konsentrasi CMC dapat meningkatkan elongasi dan UTS yang dimana dengan nilai tertinggi yaitu dicapai oleh CMC 5 g. Berdasarkan penelitian Kalsum et al., (2020) diperoleh nilai elongasi pada variasi CMC 5 g dengan nilai sebesar 0,64% dan nilai kuat tarik dengan nilai sebesar 0,014 MPa. Dan pada penelitian ini memiliki nilai elongasi pada CMC 5 gr dengan nilai sebesar 1% dan nilai kuat tarik dengan nilai sebesar 0,089 MPa, sehingga kuat tarik pada bioplastik di penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Menurut penelitian Mulyadi et al., (2013), dengan penambahan CMC membuat struktur molekul menjadi amorf dan meningkatkan nilai elongasinya.



Gambar 7. Rata-rata nilai *ultimate tensile strength* (UTS)

4. KESIMPULAN

Massa CMC terbesar (5 g) menghasilkan bioplastik terbaik dengan nilai uji daya serap air, biodegradasi, dan kuat tarik sebesar. 41,69%, 22,43%, dan 0,089 MPa.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dosen Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Kalimantan yang membantu dalam penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

Dian, P. D. (2018). Potensi selulosa dari limbah tandan kosong kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik

- ramah lingkungan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), 81-87.
- Hapsari, R. N. (2021). Optimasi carboxymethylcellulose (cmc) pada bioplastik dari alginat sargassum sp. dengan pemlastis sorbitol. Tesis Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Intandiana, S., Dawam, A. H., Denny, Y. R., Septiyanto, R. F., & Affifah, I. (2019). Pengaruh karakteristik bioplastik pati singkong dan selulosa mikrokristalin terhadap sifat mekanik dan hidrofobisitas. *Jurnal Kimia dan Pendidikan*, 4(2), 185-194.
- Januastuti, L. (2015). Pemanfaatan limbah ampas tahu sebagai bahan baku pembuatan plastik biodegradable dengan plasticizer sorbitol. Tesis Politeknik Negeri Sriwijaya: Palembang.
- Kalsum, U., Juniar, H., & Saputri, I. K. (2020). Pengaruh sorbitol dan carboxymethyl pada bioplastik dari ampas tebu dan ampas tahu. *Distilasi*, 5(1), 21-26.
- Mulyadi, S., Ningsih, E. S., & Abbas, A. (2013). Modifikasi polipropilena sebagai polimer komposit biodegradabel dengan bahan pengisi pati pisang dan sorbitol sebagai platisizer. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 1(1), 119-122.
- Nurfauzi, S., Sutan, S. M., Argo, B. D., & Djoyowasito, G. (2018). Pengaruh konsentrasi cmc dan suhu pengeringan terhadap sifat mekanik dan sifat degradasi pada plastik biodegradable berbasis tepung jagung. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*, 6(1), 90-99.
- Pradana, M. A., Ardhyanta, H., & Farid, M. (2017). Pemisahan selulosa dari lignin serat tandan kosong kelapa sawit dengan proses alkalisasi untuk penguat bahan komposit penyerap suara. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).
- Putra, A. D., Johan, V. S., & Efendi, R. (2017). Penambahan sorbitol sebagai plasticizer dalam pembuatan edible film pati sukun. *JOM Fakultas Pertanian*, 4(2), 1-15.
- Sasria, N., Asriyasyah, A., Lubis, M. P. D., Zulfikar, A. & Tanjung, R. A. (2020). Sintesis dan karakterisasi plastik biodegradable berbasis pati nasi aking dan kitosan cangkang udang. *Teknika: Jurnal Sains dan Teknologi*, 16(2), 231-236.
- Sasria, N., Hernando, R., Lubis, M. P. D., & Zulfikar, A. (2021). Production of biodegradable plastics using aking rice starch and chitosan from crab shells as a substitute for conventional plastic. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 1053(1), 1-9.
- Septiosari, A., Latifah, & Kusumastuti, E. (2014). Pembuatan dan karakterisasi bioplastik limbah biji mangga dengan penambahan selulosa dan gliserol. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(2), 157-162.
- Simatupang, H., Nata, A., & Herlina, N. (2012). Studi isolasi dan rendemen lignin dari tandan kosong kelapa sawit (TKKS). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 1(1), 20-24.
- Solekah, S., Sasria, N., & Dewanto, H. A. (2021). Pengaruh penambahan gliserol dan kitosan kulit udang terhadap biodegradasi dan ketahanan air plastik biodegradable. *Al-Kimiya: Jurnal Ilmu Kimia dan Terapan*. 8(2), 80-86.
- Suryani, R. R., Hakim, A. A., Yusrianti, & Auvaria, S. (2021). Penambahan chitosan dan plasticizerglycerin dalam pembuatan bioplastik berbahan dasar ekstrak protein ampas tahu. *Jukung (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 7(2).
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah, & Aprilia, S. (2018). Pemanfaatan selulosa dari limbah kulit buah pinang sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 14(1), 63-71.