

ISOLASI SELULOSA PADA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT SEBAGAI MATERIAL PENGISI *BIODEGRADABLE STYROFOAM*

Aprilia Nanda Utami*, Indah Purnamasari, Jaksen

Jurusan Teknik Kimia, Program Studi Teknologi Kimia Industri, Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl. Srijaya Negara, Palembang, 30139

*Email: aprilianandaaaa@gmail.com

Abstrak

Kadar selulosa yang banyak dan lignin yang sedikit menjadikan tandan kosong kelapa sawit layak dan efisien untuk digunakan sebagai bahan baku pengolahan produk yang berbasis selulosa. Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk menentukan pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu bleaching terhadap karakteristik selulosa yang dihasilkan dan pengaruh penambahan material pengisi berupa selulosa terhadap karakteristik *biodegradable styrofoam*. Proses isolasi selulosa dari tandan kosong kelapa sawit dilakukan dengan menggunakan metode hidrolisis alkali menggunakan natrium hidroksida dan dilanjutkan dengan proses bleaching menggunakan hidrogen peroksida dengan variasi konsentrasi hidrogen peroksida sebanyak 5 variasi, yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50% serta suhu bleaching sebanyak 3 variasi, yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C. Melalui proses isolasi selulosa dari tandan kosong kelapa sawit yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu bleaching berbanding lurus terhadap kadar selulosa dan berbanding terbalik terhadap kadar hemiselulosa dan lignin yang dihasilkan. Di mana selulosa terbaik diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu bleaching 100°C karena mengandung kadar hemiselulosa terendah, yaitu 17,61%, kadar selulosa tertinggi, yaitu 62,05%, dan kadar lignin terendah, yaitu 10,02%. Selulosa yang digunakan sebagai material pengisi dapat menghasilkan *biodegradable styrofoam* dengan karakteristik berupa ketahanan air sebesar 11,25%, kemampuan degradasi sebesar 35,68%, dan densitas sebesar 1,11 gr/cm³.

Kata kunci: *biodegradable styrofoam*, bleaching, selulosa, tandan kosong kelapa sawit

1. PENDAHULUAN

Tandan kosong kelapa sawit merupakan salah satu limbah yang mengandung lignoselulosa yang belum dimanfaatkan dengan baik hingga saat ini. Biasanya, perkebunan kelapa sawit hanya memanfaatkan tandan kosong kelapa sawit sebagai pengeras jalan, bahan bakar boiler, dan kompos (Fuadi dan Pranoto, 2016). Padahal, setiap pengolahan 1 ton tandan buah segar kelapa sawit dapat menghasilkan sekitar 23% tandan kosong kelapa sawit (Susanto dkk, 2017).

Komposisi dari tandan kosong kelapa sawit terdiri dari air, zat ekstraktif, holoselulosa, hemiselulosa, selulosa, dan lignin. Selulosa yang merupakan salah satu komponen terpenting dari tandan kosong kelapa sawit dapat diubah menjadi produk lain yang lebih bernilai ekonomis (Nilawati dkk, 2019). Karena kandungan lignin yang rendah dan selulosa yang tinggi, tandan kosong kelapa sawit dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pengolahan produk yang berbasis selulosa (Pratama dkk, 2017).

Selulosa sangat cocok untuk digunakan sebagai material pengisi karena densitasnya

yang rendah, tidak mudah terabrasi, kemampuan mengisi yang tinggi yang dapat menghasilkan sifat kekakuan yang tinggi, mudah didaur ulang, murah, dan mudah didapatkan karena banyak tersedia di alam. Namun, selulosa yang diperoleh dari serat alami memiliki beberapa kelemahan apabila digunakan sebagai material pengisi, yaitu pada sifat hidrofiliknya.

Sifat hidrofilik pada selulosa dapat menyebabkan rendahnya gaya adhesi antara selulosa dan matriks polimer. Oleh karena itu, untuk mengoptimalkan sifat selulosa dan meningkatkan gaya adhesi antara selulosa dan matriks polimer, selulosa harus diberi perlakuan secara fisik dan kimia. Akan tetapi, sebelum memberi perlakuan kimia pada selulosa, perlu diingat bahwa pemberian perlakuan kimia dapat mengubah struktur fisik dan kimia dari permukaan selulosa (Pradana dkk, 2017).

Biodegradable styrofoam yang dapat terdegradasi secara alami dan terbuat dari pati sebagai bahan baku utama dalam pembuatannya dapat digunakan sebagai alternatif pengganti *styrofoam* (Hendrawati dkk, 2019). Namun, *biodegradable styrofoam* yang hanya terbuat

dari pati memiliki beberapa kelemahan, seperti ketahanan terhadap air dan sifat mekaniknya. Untuk mengatasi kelemahan tersebut, diperlukan penambahan material pengisi seperti selulosa yang mudah larut di dalam air, mudah terdegradasi, dan mampu membentuk serat yang kuat (Isabella dan Hendrawati, 2022).

Pada penelitian ini, penulis akan mengolah limbah padat kelapa sawit yang berupa tandan kosong kelapa sawit menjadi selulosa. Selulosa akan diisolasi dari tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan metode hidrolisis alkali dengan natrium hidroksida dan dilanjutkan dengan proses *bleaching* dengan hidrogen peroksida. Untuk memastikan dan menguji seberapa baik fungsi selulosa sebagai material pengisi, penulis akan menggunakan selulosa dengan karakteristik terbaik yang diperoleh dari proses isolasi sebagai material pengisi dalam pembuatan *biodegradable styrofoam* dengan menggunakan metode *baking process*.

2. METODOLOGI

2.1. Bahan

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tandan kosong kelapa sawit yang diperoleh dari PT Gelumbang Agro Sentosa.

2.2 Prosedur

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen kimia untuk mengisolasi selulosa dari tandan kosong kelapa sawit. Eksperimen yang dilakukan terdiri dari 2 tahap yang berkesinambungan, yaitu delignifikasi dengan natrium hidroksida dan *bleaching* dengan hidrogen peroksida. Konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 5 tingkatan, yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, dan 50%, sedangkan suhu *bleaching* yang digunakan dalam penelitian hanya terdiri dari 3 tingkatan saja, yaitu 60°C, 80°C, dan 100°C.

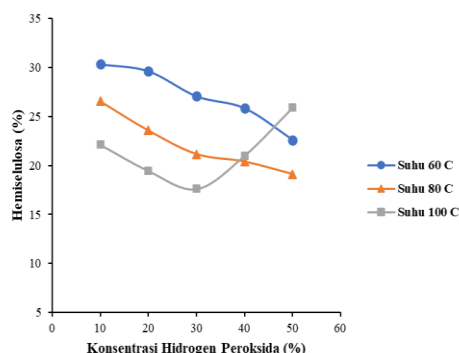
Tandan kosong kelapa sawit yang diperoleh dari PT Gelumbang Agro Sentosa akan dihaluskan terlebih dahulu dengan menggunakan mesin grinding. Kemudian, serat tandan kosong kelapa sawit akan didelignifikasi dengan menggunakan 10% natrium hidroksida (1:10) selama 1 jam pada suhu 95°C. Terakhir, selulosa tandan kosong kelapa sawit yang dihasilkan dari proses delignifikasi akan di*bleaching* dengan menggunakan hidrogen peroksida selama 2 jam sebelum dilakukan analisis untuk mengetahui karakteristik dari selulosa yang terdiri dari hemiselulosa,

selulosa, dan lignin. Namun, selulosa yang diperoleh dari proses delignifikasi harus dicuci terlebih dahulu dengan menggunakan aquadest sampai diperoleh pH yang netral dan tidak tersisa warna kecokelatan lagi pada aquadest sebelum dikeringkan dan diproses lebih lanjut dalam proses *bleaching*. Pencucian dan pengeringan juga dilakukan pada selulosa yang diperoleh dari proses *bleaching*.

Untuk membuat *biodegradable styrofoam*, selulosa dengan karakteristik terbaik yang diperoleh dari proses isolasi akan digunakan sebagai material pengisi. Metode *baking process* yang telah dilakukan sebelumnya oleh Sarlinda dkk (2022) akan digunakan pada pembuatan *biodegradable styrofoam* kali ini. Karakteristik dari *biodegradable styrofoam* yang akan ditentukan meliputi ketahanan air, kemampuan degradasi, dan densitas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Kadar Hemiselulosa



Gambar 1. Hubungan Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu *Bleaching* terhadap Kadar Hemiselulosa

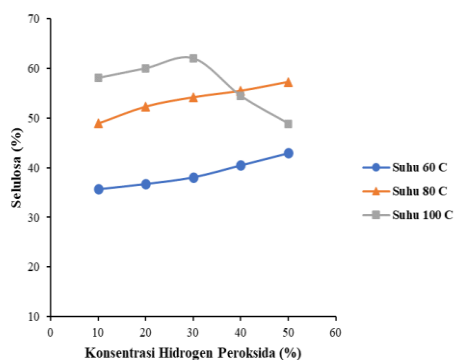
Gambar 1 menunjukkan bahwa konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu *bleaching* berbanding terbalik dengan kadar hemiselulosa yang diperoleh dari proses *bleaching*. Semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu *bleaching* maka semakin rendah kadar hemiselulosa yang diperoleh. Kadar hemiselulosa yang diperoleh berkisar antara 30,34% dan 17,61% dengan kadar hemiselulosa tertinggi diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 10% dan suhu *bleaching* 60°C dan kadar hemiselulosa terendah diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu *bleaching* 100°C.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, Andari dkk (2022) juga mengatakan bahwa kadar hemiselulosa yang

diperoleh akan lebih rendah seiring dengan peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Begitu juga sebaliknya, kadar hemiselulosa yang diperoleh akan lebih tinggi seiring dengan penurunan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Hal ini disebabkan karena hidrogen peroksida memiliki kemampuan untuk memecahkan ikatan glikosida pada hemiselulosa sehingga apabila konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan semakin tinggi, kadar hemiselulosa yang diperoleh akan semakin rendah (Zuidar dkk, 2014).

Santhi dkk (2022) juga mengatakan hal yang serupa dengan penelitian penulis, semakin tinggi suhu *bleaching* maka semakin rendah kadar hemiselulosa yang diperoleh. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah suhu *bleaching* maka semakin tinggi kadar hemiselulosa yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu *bleaching* dapat menyebabkan hemiselulosa yang tereduksi semakin banyak sehingga kadar hemiselulosa yang diperoleh akan semakin rendah.

3.2. Kadar Selulosa



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu *Bleaching* terhadap Kadar Selulosa

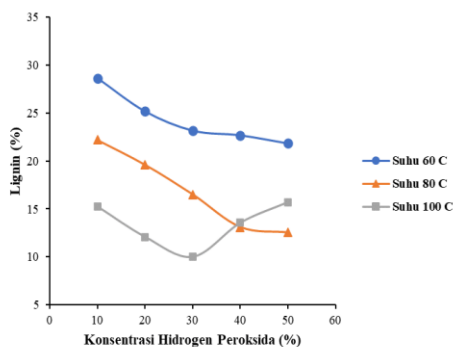
Gambar 2 menunjukkan bahwa konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu *bleaching* berbanding lurus dengan kadar selulosa yang diperoleh dari proses *bleaching*. Semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu *bleaching* maka semakin tinggi kadar selulosa yang diperoleh. Kadar selulosa yang diperoleh berkisar antara 62,05% dan 35,71% dengan kadar selulosa tertinggi diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu *bleaching* 100°C, sedangkan kadar selulosa terendah diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 10% dan suhu *bleaching* 60°C.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, Andari dkk (2022) juga mengatakan bahwa kadar selulosa yang diperoleh akan lebih tinggi seiring dengan peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Begitu juga sebaliknya, kadar selulosa yang diperoleh akan lebih rendah seiring dengan penurunan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Hal ini disebabkan karena reaksi pembentukan anion peroksida terjadi seiring dengan peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Anion peroksida yang dihasilkan oleh penambahan alkali akan mengoksidasi lignin dengan memecahkan ikatan C α -C β pada lignin. Akibatnya, gugus kromofor dari lignin akan berkurang sehingga kadar selulosa yang diperoleh akan semakin tinggi (Harpendi dkk, 2014).

Santhi dkk (2022) juga mengatakan hal yang serupa dengan penelitian penulis, suhu *bleaching* yang lebih tinggi akan menghasilkan kadar selulosa yang lebih tinggi. Begitu juga sebaliknya, suhu *bleaching* yang lebih rendah akan menghasilkan kadar selulosa yang lebih rendah. Hal ini disebabkan karena suhu *bleaching* yang lebih tinggi dapat menghasilkan energi yang lebih besar untuk reaksi yang memungkinkan reaksi pemutusan pada rantai lignin dan hemiselulosa bekerja lebih baik dan melepaskan lebih banyak ikatan selulosa (Lismeri dkk, 2019).

Penurunan kadar selulosa yang signifikan terjadi pada konsentrasi hidrogen peroksida 40% dan 50% dan suhu *bleaching* 100°C. Harpendi dkk (2014) yang melakukan penelitian serupa mengatakan bahwa teroksidasinya selulosa oleh hidrogen peroksida adalah salah satu penyebab dari terjadinya penurunan kadar selulosa. Teroksidasinya selulosa oleh hidrogen peroksida terjadi melalui pembentukan radikal hidroksi (Zuidar dkk, 2014). **Gambar 1** dan **Gambar 3** menunjukkan peningkatan kadar hemiselulosa dan lignin yang konsisten sehingga penurunan kadar selulosa pada **Gambar 2** dapat dikatakan sesuai dengan teori yang ada.

3.3. Kadar Lignin



Gambar 3. Hubungan Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Suhu Bleaching terhadap Kadar Lignin

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu bleaching berbanding terbalik dengan kadar lignin yang diperoleh dari proses bleaching. Semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu bleaching maka semakin rendah kadar lignin yang diperoleh. Kadar lignin yang diperoleh berkisar antara 28,64% dan 10,02% dengan kadar lignin tertinggi diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 10% dan suhu bleaching 60°C, sedangkan kadar lignin terendah diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu bleaching 100°C.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, Andari dkk (2022) juga mengatakan bahwa kadar lignin yang diperoleh akan lebih rendah seiring dengan peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Begitu juga sebaliknya, kadar lignin yang diperoleh akan lebih tinggi seiring dengan penurunan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan. Hal ini disebabkan karena reaksi hidrogen peroksida dalam memutus dan membuka ikatan lignin dipicu oleh peningkatan konsentrasi hidrogen peroksida yang digunakan sehingga rantai lignin menjadi pendek dan larut dalam pencucian.

Santhi dkk (2022) juga mengatakan hal yang serupa dengan penelitian penulis, semakin tinggi suhu bleaching maka semakin rendah kadar lignin yang diperoleh. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah suhu bleaching maka semakin tinggi kadar lignin yang diperoleh. Hal ini disebabkan karena peningkatan suhu bleaching dapat menyebabkan reaksi delignifikasi yang terjadi selama proses bleaching meningkat sehingga

kadar lignin yang diperoleh akan semakin rendah (Coniwanti dkk, 2015).

3.4. Biodegradable Styrofoam

Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan perbedaan warna pada biodegradable styrofoam yang dibuat dengan dan tanpa penambahan selulosa. Perbedaan warna ini disebabkan karena warna selulosa yang diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu bleaching 100°C tidak sepenuhnya berwarna putih yang berdampak pada warna akhir biodegradable styrofoam.



Gambar 4. Biodegradable Styrofoam dengan Penambahan Selulosa



Gambar 5. Biodegradable Styrofoam Tanpa Penambahan Selulosa

Tabel 1 menunjukkan karakteristik dari biodegradable styrofoam yang dibuat dengan penambahan selulosa dan Tabel 2 menunjukkan karakteristik dari biodegradable styrofoam yang dibuat tanpa penambahan selulosa.

Tabel 1. Karakteristik Biodegradable Styrofoam dengan Penambahan Selulosa

Parameter Analisis	Nilai
Ketahanan air (%)	11,25
Kemampuan degradasi (%)	35,68
Densitas (gr/cm ³)	1,11

Tabel 2. Karakteristik Biodegradable Styrofoam Tanpa Penambahan Selulosa

Parameter Analisis	Nilai
Ketahanan air (%)	14,12
Kemampuan degradasi (%)	45,88
Densitas (gr/cm ³)	0,55

Biodegradable styrofoam diharapkan memiliki nilai ketahanan air yang sangat rendah

(Darni dkk, 2021). Hal ini disebabkan karena *biodegradable styrofoam* dengan ketahanan air yang rendah menunjukkan bahwa *biodegradable styrofoam* tersebut memiliki sifat yang kuat dan tidak mudah sobek (Sumardiono dkk, 2021).

Biodegradable styrofoam yang dibuat tanpa penambahan selulosa memiliki nilai ketahanan air yang lebih tinggi daripada *biodegradable styrofoam* yang dibuat dengan penambahan selulosa sebagaimana yang dituliskan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Hal ini disebabkan karena tingkat pembengkakan pati yang tinggi yang dapat membuat *biodegradable styrofoam* mudah terdegradasi oleh air menjadi fragmen kecil. Selama pembuatan *biodegradable styrofoam*, proses pemuaiannya akan menciptakan struktur berongga yang dapat dipenuhi oleh air ketika *biodegradable styrofoam* tersebut direndam di dalam air. Akibatnya, ketahanan air dari *biodegradable styrofoam* akan meningkat.

Penambahan selulosa saat pembuatan *biodegradable styrofoam* dapat membuat *biodegradable styrofoam* yang dihasilkan lebih padat dan rongga yang terbentuk lebih kecil. Akibatnya, air yang terserap untuk mengisi rongga *biodegradable styrofoam* lebih sedikit sehingga ketahanan air dari *biodegradable styrofoam* akan semakin menurun (Sari, 2022).

Salah satu parameter analisis yang tidak memengaruhi kualitas pemakaian *biodegradable styrofoam* secara langsung adalah kemampuan degradasi. Namun, kemampuan degradasi yang rendah dapat menunjukkan bahwa *biodegradable styrofoam* tersebut berpotensi untuk merusak lingkungan dan tidak berbeda dengan *styrofoam* yang saat ini tersebar luas di masyarakat (Muharram, 2022). Sebagaimana ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**, *biodegradable styrofoam* yang dibuat tanpa penambahan selulosa menunjukkan nilai kemampuan degradasi yang lebih tinggi daripada *biodegradable styrofoam* yang dibuat dengan penambahan selulosa.

Hal ini disebabkan karena kandungan selulosa pada *biodegradable styrofoam* yang dapat menghambat proses degradasi karena sifatnya yang hidrofobik. Selain itu, didukung pula oleh urutan proses dekomposisi dari yang paling cepat ke yang paling lambat, yaitu gula, pati, protein sederhana, protein kompleks, hemiselulosa, selulosa, lemak, dan lignin (Berutu dkk, 2022). Sifat pati yang hidrofilik sangat berbeda dengan sifat selulosa yang

hidrofobik karena dapat mengikat molekul air sehingga dapat dengan mudah terdegradasi (Darni dkk, 2021).

Sifat mekanik suatu bahan dipengaruhi oleh densitasnya yang menunjukkan karapatan bahan tersebut. Bahan yang memiliki kerapatan tinggi biasanya akan memiliki sifat mekanik yang semakin baik (Tamiogy dkk, 2019). Sebagaimana yang ditunjukkan pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**, *biodegradable styrofoam* yang dibuat tanpa penambahan selulosa memiliki nilai densitas yang lebih rendah daripada *biodegradable styrofoam* yang dibuat dengan penambahan selulosa.

Hal ini disebabkan karena saat pembuatan *biodegradable styrofoam*, proses ekspansi yang terjadi dapat menghasilkan *biodegradable styrofoam* yang berongga. Namun, ketika selulosa ditambahkan, proses ekspansi akan terhambat sehingga rongga yang terbentuk akan semakin kecil yang berarti *biodegradable styrofoam* yang dibuat lebih padat dan lebih tinggi densitasnya (Febriani dkk, 2021). Hal ini sangat berbeda dengan *biodegradable styrofoam* yang dibuat tanpa penambahan selulosa yang menghasilkan ukuran rongga yang lebih besar dengan densitas yang lebih rendah (Sari, 2022).

4. KESIMPULAN

Selulosa terbaik diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu *bleaching* 100°C karena mengandung kadar hemiselulosa terendah, yaitu 17,61%, kadar selulosa tertinggi, yaitu 62,05%, dan kadar lignin terendah, yaitu 10,02%. Konsentrasi hidrogen peroksida dan suhu *bleaching* berbanding lurus dengan kadar selulosa dan berbanding terbalik dengan kadar hemiselulosa dan lignin.

Biodegradable styrofoam yang dibuat dengan penambahan selulosa yang diperoleh pada konsentrasi hidrogen peroksida 30% dan suhu *bleaching* 100°C menghasilkan *biodegradable styrofoam* dengan karakteristik berupa ketahanan air sebesar 11,25%, kemampuan degradasi sebesar 35,68%, dan densitas sebesar 1,11 gr/cm³.

DAFTAR PUSTAKA

Aditama, A. G., Farid, M., dan Ardhyanta, H., (2017), Isolasi Selulosa dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Nano Filler Komposit Absorpsi Suara: Analisis FTIR, *Jurnal Teknik ITS*, pp. 228-231.

- Andari, I. G. A. A. U., Arnata, I. W., dan Anggreni, A. A. M. D., (2022), Pengaruh Konsentrasi Hidrogen Peroksida dan Waktu Proses Bleaching terhadap Karakteristik Selulosa Serat Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.), *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, pp. 237-247.
- Berutu, F. L., Dewi, R., Ginting, M. Z., dan Nasrul, Z. A., (2022), Biofoam Berbahan Pati Sagu (*Metroxylon rumphii* M.) dengan Bahan Pengisi (Filler) Serat Batang Pisang dan Kulit Pisang Menggunakan Metode Thermopressing, *Chemical Engineering Journal Storage*, pp. 61-70.
- Coniwanti, P., Anka, M. N. P., dan Sanders, C., (2015), Pengaruh Konsentrasi, Waktu, dan Temperatur terhadap Kandungan Lignin pada Proses Pemutihan Bubur Kertas Bekas, *Jurnal Teknik Kimia*, pp. 47-55.
- Darni, Y., Aryanti, A., Utami, H., Lismeri, L., dan Haviz, M., (2021), Kajian Awal Pembuatan Biofoam Berbahan Baku Campuran Pati dan Batang Sorgum, *Jurnal Teknologi dan Inovasi Industri*, pp. 13-19.
- Febriani, H., Kurnia, K. I. F., dan Pangarso, Z. D., (2021), Pembuatan dan Karakterisasi Fisik Biodegradable Foam Pati Kulit Pisang dan Selulosa Ampas Tebu, *Jurnal Ilmiah Penalaran dan Penelitian Mahasiswa*, pp. 1-13.
- Fuadi, A. M., dan Pranoto, H., (2016), Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Bahan Baku Pembuatan Glukosa, *Jurnal Teknik Kimia*, pp. 1-3.
- Harpendi, R., Padil, dan Yelmida, (2014), Proses Pemurnian Selulosa Pelepah Sawit sebagai Bahan Baku Nitroselulosa dengan Variasi pH dan Konsentrasi H₂O₂, *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, pp. 1-8.
- Hendrawati, N., Dewi, E. N., dan Santosa, S., (2019), Karakterisasi Biodegradable Styrofoam dari Pati Sagu Termodifikasi dengan Kitosan sebagai Aditif, *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, pp. 47-52.
- Isabella, H., dan Hendrawati, N., (2022), Perbandingan Karakteristik Biodegradable Foam dari Pati Ubi Jalar dan Pati Kentang dengan Penambahan Serat Selulosa, *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, pp. 104-111.
- Lismeri, L., Darni, Y., Sanjaya, M. D., dan Immadudin, M. I., (2019), Pengaruh Suhu dan Waktu Pretreatment Alkali pada Isolasi Selulosa Limbah Batang Pisang, *Journal of Chemical Process Engineering*, pp. 19-22.
- Muharram, F. I., (2020), Penambahan Kitosan pada Biofoam Berbahan Dasar Pati, *Journal EDUFORTECH*, pp. 118-127.
- Nilawati, N., Rahmi, R., dan Desiyana, L. S., (2019), Effect of H₂SO₄ Concentration on Cellulose Isolation from Palm Empty Fruit Bunches, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, pp. 1-6.
- Pradana, M. A., Ardhyanta, H., dan Farid, M., (2017), Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara, *Jurnal Teknik ITS*, pp. 413-416.
- Pratama, R. D., Farid, M., dan Nurdiansah, H., (2017), Pengaruh Proses Alkalisasi terhadap Morfologi Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Bahan Penguat Komposit Absorpsi Suara, *Jurnal Teknik ITS*, pp. 250-254.
- Rayung, M., Ibrahim, N. A., Zainuddin, N., Saad, W. Z., Razak, N. I. A., dan Chieng, B. W., (2014), The Effect of Fiber Bleaching Treatment on the Properties of Poly(lactic acid)/Oil Palm Empty Fruit Bunch Fiber Composites, *International Journal of Molecular Sciences*, pp. 14728-14742.
- Santhi, M., Arnata, I. W., dan Wrasiasi, L. P., (2022), Isolasi Selulosa dari Serat Sabut Kelapa (*Cocos nucifera* L.) pada Variasi Waktu Proses Bleaching dengan Asam Parasetat, *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, pp. 248-258.
- Saputri, L. H., dan Sukmawan, R., (2020), Pengaruh Proses Blending dan Ultrasonikasi terhadap Struktur Morfologi Ekstrak Serat Limbah Batang Kelapa Swit untuk Bahan Baku Bioplastik (Selulosa Asetat), *Journal of Science and Technology*, pp. 15-21.
- Sari, G. F., (2022), The Effect of Proportion of Ganyong Starch and Waste of Straw Rice on Biodegradable Foam Production as Sustainable Packaging, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 1-8.
- Sarlinda, F., Hasan, A., dan Ulma, Z., (2022), Pengaruh Penambahan Serat Kulit Kopi dan Polivinil Alkohol (PVA) terhadap Karakteristik Biodegradable Foam dari

- Pati Kulit Singkong, *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan*, pp. 9-20.
- Sumardiono, S., Pudjihastuti, I., dan Amalia, R., (2021), Kajian Sifat Morfologi dan Mekanis Biofoam dari Tepung Tapioka dan Serat Limbah Batang Jagung, *Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, pp. 22-26.
- Susanto, J. P., Santoso, A. D., dan Suwedi, D. N., (2017), Perhitungan Potensi Limbah Padat Kelapa Sawit untuk Sumber Energi Terbarukan dengan Metode LCA, *Jurnal Teknologi Lingkungan*, pp. 165-172.
- Tamiogy, W. R., Kardisa, A., Hisbullah, dan Aprilia, S., (2019), Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Kulit Buah Pinang Sebagai Filler pada Pembuatan Bioplastik, *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*, pp. 63-71.
- Tarigan, A. S., Wirjosentono, B., Zuhra, C. F., dan Zulnazri, (2021), Isolasi Nanoselulosa dari Tandan Kosong Sawit Menggunakan Hidrolisis Asam sebagai Material Biomedis, *Jurnal Ilmu Biologi dan Terapan*, pp. 1-3.
- Umaningrum, D., Nurmasari, R., Astuti, M. D., Mardhatillah, Mulyasuryani, A., dan Mardiana, D., (2018). Isolasi Selulosa dari Jerami Padi Menggunakan Variasi Konsentrasi Basa, *Jurnal Sains dan Terapan Kimia*, pp. 25-33.
- Zuidar, A. S., Hidayati, S., dan Pulungan, R. J. A., (2014), Kajian Delignifikasi Pulp Formacell dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Menggunakan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) dalam Media Asam Asetat, *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, pp. 194-204.