

STUDI IN VITRO PERBEDAAN PELARUT PADA MEMBRAN SELULOSA TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT (TKKS) TERHADAP PENURUNAN KREATININ

Tri Dewi Jayanti^{1)*}, Nur Hidayah²⁾, Putri Vidiyasari Darsono³⁾, Tuti Alawiyah⁴⁾

^{1,2,3,4} Program Studi Sarjana Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Sari Mulia, Jl. Pramuka No.2, Pemurus Luar, Kec. Banjarmasin Timur, Kota Banjarmasin, Indonesia

Info Artikel

Submitted: 19-10-2024

Revised: 20-11-2024

Accepted: 22-11-2024

*Corresponding author

Tri Dewi Jayanti

Email:

tridewijayanti308@gmail.com

DOI: 10.33859/jpcs.v5i1.668

ABSTRAK

Latar belakang: Teknologi membran yang semakin berkembang menjadi salah satu aplikasi penting dalam bidang biomedis yaitu dialisis pada proses hemodialisis. Dimana instrumen dialisis menggunakan membran serat berongga terbuat dari polimer sintesis sehingga hal tersebut membuat harganya menjadi mahal serta di Indonesia teknologi ini masih tertinggal jauh. Oleh karena itu perlu adanya alternatif dalam ketersediaan membran sebagai bahan pembuatan membran. Salah satunya memanfaatkan selulosa dari limbah TKKS.

Tujuan: Mengetahui perbedaan efektivitas variasi pelarut pada membran selulosa TKKS dalam menurunkan kadar kreatinin secara in vitro.

Metode: Observasi analitik dengan Cross sectional. Pengujian kuantitatif menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis.

Hasil: Pembuatan membran dengan variasi pelarut dapat menurunkan kadar kreatinin, membran dengan pelarut DMAc lebih efektif dalam menurunkan kadar kreatinin lebih besar disetiap siklus dengan kadar awal 3 mg/dL dan waktu setiap siklus 3 menit 55 detik. Membran DMAc mampu menurunkan kadar setiap siklus yaitu 0,509 mg/dL, 0,486 mg/dL, 0,476 mg/dL, dan 0,463 mg/dL.

Simpulan: Membran selulosa TKKS yang dibuat menggunakan pelarut DMAc lebih efektif dalam menurunkan kadar kreatinin. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam pengaplikasiannya di bidang Kesehatan.

Kata Kunci: DMAc, Kreatinin, Membran, NMP, Selulosa, Spektrofotometri Uv-Vis, TKKS

ABSTRACT

Background: Technology membrane the more develop be one application important in field biomedicine that is dialysis in the hemodialysis process. Instrument dialysis use membrane fiber hollow made of from polymer synthesis so that the price is expensive and in Indonesia the technology This Still left behind Far. Therefore That need alternative in availability membrane as material making membrane. One of them utilise cellulose from TKKS waste.

Objective: To determine the effectiveness of solvent variations in TKKS cellulose membranes in reducing creatinine levels in vitro.

Methods: Cross sectional analytical observation. Quantitative testing uses Uv-Vis Spectrophotometry.

Results: Membranes with a variety of solvents can reduce creatinine levels, i.e membrane more DMAc solvent effective lower rate creatinine at each cycle with rate initial 3 mg/dL, time every cycle 3 minutes 55 seconds. DMAc membrane capable lower rate every cycle namely 0,509 mg/dL, 0,486 mg/dL, 0,476 mg/dL, and 0,463 mg/dL.

Conclusion: Membrane TKKS uses cellulose more DMAc solvent effective in lower rate creatinine. So that need done study more carry on in its application in the health sector.

Keywords: Cellulose, Creatinine, DMAc, Membrane, NMP, Spectrophotometry UV-Vis, TKKS

PENDAHULUAN

Membran merupakan lembaran, film, atau lapisan tipis yang memiliki fungsi sebagai penghalang selektif antara dua fase yang dapat berupa cairan, gas, atau uap. Membran bisa juga diartikan sebagai antarmuka antara dua fase yang bertindak sebagai penghalang selektif. Bahan pembuatan membran terdiri dari bahan alami dan bahan sintetis. Bahan alami adalah bahan yang berasal dari alam misalnya kitosan, karagenan dan pektin, sedangkan bahan sintetis dibuat dari bahan kimia, misalnya polimer polisulfon, polieter sulfon, polivinil difluoride dan lain-lain (Ariadi Lusiana & Basid Adi, 2020).

Teknologi membran yang semakin berkembang dan mulai diaplikasikan di berbagai bidang kehidupan seiring dengan kemudahan penggunaannya, sehingga pemakaian membran di bidang industri digunakan untuk pengolahan air bersih, pengolahan limbah, energi, pemisahan bahan organik, kesehatan dan medis (Apriani et al., 2018). Saat ini banyak penelitian yang memanfaatkan polimer alam sebagai membran. Melihat bahwa Indonesia memiliki ketersediaan sumber daya alam yang memadai, sehingga pemanfaatan biomassa telah banyak diaplikasikan diberbagai sektor seperti farmasi, migas, biomedik, dan lain sebagainya. Salah satu aplikasi yang penting adalah pada bidang biomedis, seperti dialisis pada proses hemodialisis.

Dialisis dikenal sebagai ginjal buatan, yang berfungsi membuang zat sisa racun (ure, kreatinin) dari darah keluar tubuh pada pasien yang mengalami gagal ginjal. Instrumen dialisis menggunakan tipe membran serat berongga yang dibuat dari poimer sintetis, sehingga membuat harganya mahal dan di Indonesia masih bergantung pada negara lain serta teknologi di bidang ini Indonesia masih tertinggal jauh (Amri, 2015). Oleh karena itu perlu adanya alternatif dalam ketersediaan membran yaitu dengan memanfaatkan polimer alam sebagai bahan pembuatan membran. Salah satunya yaitu dengan memanfaatkan selulosa sebagai membran.

Selulosa merupakan polimer alami yang akhir-akhir ini banyak digunakan dalam industri sebagai bahan baku alternatif. Selulosa dapat dijumpai di beberapa jenis tanaman yaitu nanas, sekam padi, tongkol jagung, ampas teh, bubuk kopi, dan tandan kosong kelapa sawit.

TKKS merupakan limbah yang tertumpuk hasil dari pengolahan dari minyak kelapa sawit yang melimpah di Indonesia. Selama ini pemanfaatan limbah dari pengolahan kelapa sawit belum optimal (Faizal et al., 2022). Dari beberapa penelitian yang sudah ada limbah TKKS banyak dimanfaatkan dalam bahan baku pembuatan pupuk, tinta stampel, bahan baku bioplastik, membran ultrafiltrasi dan lain-lain. Sedangkan penggunaan dalam biomedis masih kurang. Berdasarkan komponen senyawa kimia yang terkandung dalam TKKS memiliki potensi yang cukup besar jika dikembangkan dan akan menjadi produk yang bernilai tinggi terutama dalam bidang kesehatan.

Pelarut merupakan bagian penting dalam menentukan morfologi membran. Beberapa jenis pelarut organik yang sering digunakan, seperti NMP (N-methyl-2- pyrrolidon), DMA

(dimetilasetamida), dan DMF (dimetilformamida) memiliki kemampuan yang baik dalam melarutkan polimer (Citra Lestari et al., 2021).

Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan melihat pengaruh pelarut dalam memanfaatkan selulosa dari limbah TKKS sebagai membran untuk penurunan kadar kreatinin

METODE

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Observasional Analitik dengan rancangan *Cross Sectional*. Instrumen pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah Spektrofotometer Uv-Vis untuk melihat penurunan kadar kreatinin setelah dilakukan proses ultrafiltrasi menggunakan membran dengan pelarut berbeda yaitu membran NMP dan membran DMAc.

Sampel

Sampel pada penelitian ini yaitu limbah TKKS diperoleh dari PT. Kharisma Alam Persada di Desa Baringin A Kec. Candi Laras Selatan Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan.

Alat dan Bahan

Alat yang dipakai yaitu gelas ukur, gelas beker, sendok tanduk, spatula, kaca arloji, timbangan analitik, pipet volume, propipet, botol schoot, kertas saring, *wrapping*, *hot plate*, termometer, labu ukur, kompor, panci, grinder, *drying oven*, Spektrofotometer Uv-Vis, rangkaian alat uji filtrasi membrane.

Bahan yang digunakan sampel selulosa TKKS, Kalium Hidroksida (KOH), aquadest, Natrium Hipoklorit (NaClO), *N-methyl-2 pyrrolidone* (NMP), *dimetilasetamida* (DMAc), *Litium Klorida* (LiCl), *Polyviniliden Fluorida* (PVDF), asam pikrat jenuh (C₆H₃N₃O₇) dan *Natrium Hidroksida* (NaOH), Creatinin Proanalisis Biocemisrty Merek Marck.

Prosedur Kerja

- a. Pembuatan Larutan Baku Kreatinin
Larutan baku dibuat dengan konsentrasi 100 ppm dimana kreatinin proanalisis ditimbang sebanyak 10 mg dilarutkan dalam 100 ml pada labu ukur 100 ml, kemudian add aquadest hingga tanda (Ayu Prestisya, 2016).
- b. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Kreatinin dengan Spektrofotometri Uv-Vis
Penentuan panjang gelombang maksimum larutan kreatinin berdasarkan metode Jaffe. Larutan standar kreatinin 5 ppm dengan memipet sebanyak 0,5 ml dari larutan baku ditambahkan 2 ml asam pikrat jenuh dan 1 ml NaOH di dalam labu ukur 10 ml kemudian add aquadest hingga tanda batas dan dimasukkan kedalam kuvet untuk diukur absorbansinya (Ayu Prestisya, 2016).
- c. Pembuatan Kurva Kalibrasi Larutan Kreatinin
Larutan standar kreatinin dibuat deret standar dengan konsentrasi 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm dengan memipet dari larutan induk sebanyak 0,1 ml, 0,2 ml, 0,3 ml, 0,4 ml, dan 0,5 ml kemudiam masing-masing ditambahkan 2 ml asam pikrat dan 0,5 ml NaOH di masukkan dalam labu ukur 10 ml diukur absorbansinya dengan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang maksimum (Ayu Prestisya, 2016).
- d. Pengukuran Kadar Kreatinin

Sampel kreatinin mula-mula dibuat dengan kadar 3 mg/dL dengan melarutkan 15 mg kreatinin dalam 500 ml aquadest. Kemudian sampel dilawetkan pada alat filtrasi membran NMP dan DMAc selama 4 siklus. Setiap siklus diambil sebanyak 3 ml, kemudian ditambahkan asam pikrat 2 ml dan NaOH 0,5 ml dimasukkan dalam labu ukur 10 ml dan add aquadest hingga tanda batas. Kemudian diukur konsentrasinya melalui absorbansi dengan spektrofotometer Uv-Vis dengan panjang gelombang maksimum kemudian dihitung menggunakan persamaan regresinya secara umum berbentuk $y = bx + a$ Dimana sumbu y merupakan absorbansi dan sumbu x merupakan konsentrasi larutan standar dalam mg/dL (Ayu Prestisya, 2016).

e. Efisiensi Penurunan Kadar Kreatinin

Hasil pengukuran kadar kreatinin kemudian dihitung efisiensi penurunan kadarnya dinyatakan dalam bentuk presentase dengan rumus efisiensi sebagai berikut (Wicheisa *et al.*, 2018):

$$\% \text{ Ef} = \frac{C_0 - C_i}{C_0} \times 100 \%$$

Keterangan :

Ef : Presentase penurunan parameter (%)

C₀ : Konsentrasi parameter sebelum diberikan perlakuan (mg/dL)

C_i : Konsentrasi parameter sesudah diberikan perlakuan (mg/dL)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Preparasi Sampel

Dari 10 gram sampel limbah TKKS kering yang telah di preparasi dihasilkan sebanyak 4,8 gram. Selulosa sampel awal berupa serat dan teksturnya keras berwarna coklat kemudian dilakukan isolasi agar sampel menjadi lebih lunak hingga didapatkan serbuk selulosa berwarna putih.



Gambar 1 Sampel (a) TKKS Kering, (b) Selulosa TKKS

2. Pembuatan Membran Selulosa TTKS

Serbuk selulosa yang didapatkan dari isolasi alpha selulosa dibuat membran selulosa TKKS dengan menggunakan metode inversi fasa. Pembuatan membran dibuat dengan 2 pelarut yang berbeda yaitu pelarut *N-metyl-2-pirolidon* (NMP) dan pelarut *Dimetilasetamida* (DMAc). Membran yang dihasilkan berupa lembaran tipis berwarna putih berbentuk *flatsheet*. Secara organoleptis warna membran yang dibuat menggunakan pelarut NMP lebih kecoklatan dibandingkan dengan membran yang dibuat menggunakan pelarut DMAc. Permukaan membran menggunakan pelarut DMAc lebih halus dibandingkan dengan membran menggunakan pelarut NMP.



Gambar 2 Membran Selulosa TKKS Menggunakan Pelarut (a) NMP, (b) DMAc

3. Analisis Kuantitatif

- a. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Larutan Kreatinin dengan Spektrofotometri Uv-Vis.

Penentuan panjang gelombang menggunakan spektrofotometri Uv-Vis pada rentang cahaya 400-800 nm. Didapatkan hasil panjang gelombang maksimum larutan kreatinin yaitu 421 nm.

- b. Kurva Kalibrasi Larutan Kreatinin

Tabel 1 Absorbansi Deret Standar Kreatinin

Konsentrasi (ppm)	Rata-rata Absorbansi (ppm)
1	0,494
2	0,532
3	0,621
4	0,678
5	0,724

Nilai a=0,428, b=0.606, r=0,9851

- c. Pengukuran Kadar Kreatinin

Tabel 2 Absorbansi Sampel Kreatinin

Membran	S1	S2	S3	S4
<i>N-metyl-2- pirolidon</i> (NMP)	0,743	0,739	0,735	0,731
<i>Dimetilaset amida</i> (DMAc)	0,737	0,723	0,717	0,709

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi diatas diperoleh nilai absorbansi sampel uji setiap siklus yang ditunjukkan sebagai nilai "y" dan hasil perhitungan konsentrasi sampel uji dengan menggunakan rumus $y = a + bx$ yaitu pada tabel berikut.

Tabel 3 Kadar Total Sampel Kreatinin

Membran	C0 (ppm)	S1 (ppm)	S2 (ppm)	S3 (ppm)	S4 (ppm)
(NMP)	5,24	5,19	5,13	5,06	5
(DMAc)	5,24	5,09	4,86	4,76	4,63

d. Efisiensi Penurunan Kadar Kreatinin

Tabel 4 Presentase Efisiensi Penurunan Kadar

Membran	% Ef S1	% Ef S2	% Ef S3	% Ef S4
<i>N-metyl-2-pirolidon (NMP)</i>	0,95	2,09	3,45	4,58
<i>Dimetilasetamida (DMAc)</i>	2,86	7,25	9,16	11,64

e. Uji Validitas dan Realibilitas

Tabel 5 Hasil Uji Akurasi Penetapan Kadar Kreatinin

Replikasi	Absorbansi	Recovery (%)
1	0,532	82,26
2	0,532	82,26
3	0,532	82,26
4	0,532	82,26
5	0,533	82,23
6	0,533	82,23
7	0,533	82,23
8	0,534	82,20
9	0,534	82,20
10	0,534	82,20
Rata-rata Recovery (%)		82,23%

Tabel 6 Hasil Perhitungan Presisi

Replikasi	Absorbansi
1	0,532
2	0,532
3	0,532
4	0,532
5	0,533
6	0,533
7	0,533
8	0,534
9	0,534
10	0,534
SD	0,00087
%RSD	0,16434

Pembahasan

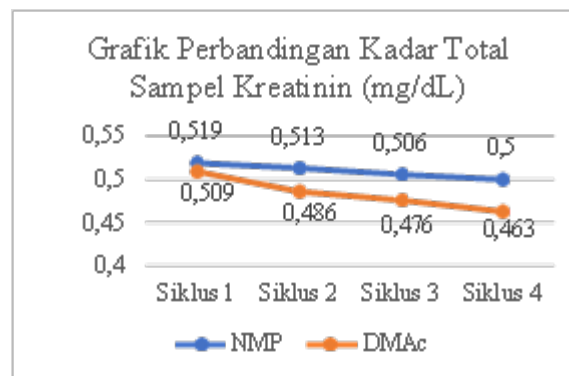
Pertama dilakukan proses *delignifikasi* untuk menghilangkan zat lilin yang mengikat serat selulosa yaitu merendam TKKS dengan KOH. Reaksi yang terjadi pada tahap ini adalah saponifikasi dimana ikatan-ikatan ester antar molekul yang mengikat silang dan komponen lainnya menyebabkan penguraian lignin menjadi lignat larut dalam air. Penggunaan KOH pada tahap ini karena dapat mengikat lignin atau lilin yang mengikat selulosa (Permana et al., 2024)

Kedua proses *bleaching* merendam sampel TKKS menggunakan larutan NaClO untuk menghilangkan sisa lignin yang tersisa. Reaksi yang terjadi yaitu NaClO beraksi dengan lignin kemudian lignin akan teroksidasi dan kadar lignin yang diperoleh semakin rendah selanjutnya lignin terhidrolisis sehingga larut dalam air dan terbawa pada saat proses pencucian untuk

menghilangkan sisa-sisa bahan kimia dan mendapatkan selulosa murni dalam bentuk padat. Didapatkan hasil sampel selulosa dari limbah TKKS berbentuk serbuk berwarna putih.

Pada pembuatan membran dibuat dengan pelarut yang berbeda. Menurut penelitian (Citra Lestari et al., 2021) dalam pembuatan membran, pemilihan pelarut serta material membran akan berpengaruh juga terhadap kerapatan membran yang dihasilkan. Didapatkan hasil membran berupa lembaran tipis berwarna putih berbentuk *flatsheet*. Secara organoleptis membran dengan pelarut NMP lebih berwarna kecoklatan dibandingkan dengan membran DMAc. Berdasarkan penelitian (Grzybek et al., 2024) perbedaan warna yang terjadi dikarenakan selulosa mempunyai banyak gugus hidroksil sehingga jika pada suhu tinggi akan mengalami degradasi termal yang mengakibatkan semakin banyak selulosa terdegradasi menjadi glukosa. Oleh karena itu, membran NMP yang dihasilkan pada penelitian ini berwarna lebih coklat.

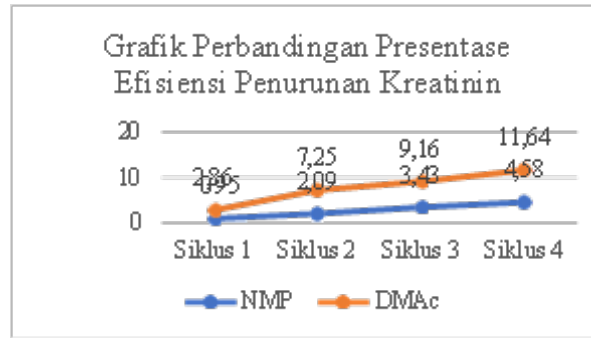
Sampel kreatinin yang telah dilakukan pengujian filtrasi membran kemudian dilakukan pengukuran kadar untuk mengetahui berapa kadar kreatinin yang dapat difiltrasi oleh membran dengan dibuat membran menggunakan dua pelarut yang berbeda menggunakan spektrofotometri uv-vis dengan panjang gelombang 421 nm. Dari hasil tersebut diakumulasikan pada grafik berikut.



Gambar 3 Grafik Perbandingan Kadar Total Sampel Kreatinin (mg/dL)

Setelah dilakukan pengujian filtrasi membran dari formula NMP dan DMAc. Namun, kadar yang mampu di filtrasi membran masih belum dapat menurunkan kadar kreatinin hingga batas standar normal pada manusia yaitu 0,7-1,3 mg/dL. Sehingga perlu dilakukannya proses filtrasi membran dengan siklus dan waktu yang lebih lama. Dari grafik menunjukkan bahwa membran DMAc memiliki efektifitas yang lebih baik dalam menurunkan kadar kreatinin dengan kadar awal 3 mg/dL. Hal tersebut sesuai dengan penelitian (Ariadi Lusiana & Basid Adi, 2020) bahwa membran dikatakan mampu memfiltrasi dimana membran berupa *flatsheet* berfungsi sebagai penghalang selektif antara dua fase bersifat semipermeable untuk memisahkan partikel dengan ukuran molekuler dalam suatu sistem larutan. Menurut (Amilia et al., 2013), permukaan membran dengan pelarut DMAc mempunyai ukuran pori lebih kecil, jumlah pori lebih banyak, dan distribusi pori lebih merata. Kondisi tersebut menyebabkan membran lebih selektif.

Hasil efisiensi ditunjukkan pada grafik berikut.



Gambar 4 Grafik Perbandingan Presentase Efisiensi Penurunan Kreatinin

penurunan kadar kreatinin paling besar yaitu pada membran pelarut DMAc dengan presentase penurunan pada siklus ke-4 sebesar 11,64%. Hal tersebut sejalan dengan penelitian (Zulfi et al., 2014) yang menyebutkan bahwa tingginya presentase dapat dikarenakan pelarut DMAc memiliki afinitas yang lebih tinggi terhadap air sehingga mengarah pada peningkatan porositas yang jauh lebih baik dari NMP. Porositas menentukan jumlah yang berpori pada permukaan membran. Semakin tinggi porositas suatu membran maka akan semakin banyak jumlah permukaan yang berpori pada membran sehingga jumlah permeat yang mampu dilewatkan dalam satu waktu juga semakin besar.

Perhitungan akurasi pada Tabel 5 didapatkan hasil presentase perolehan kembali (*recovery*) sebesar 82,23%. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa telah memenuhi persyaratan akurasi pada rentang nilai 80-120% (Sembiring, 2023). Sehingga metode analisa yang digunakan memberikan data mendekati dengan yang sebenarnya dan dapat disimpulkan metode yang digunakan cukup akurat.

Presisi menyatakan Tingkat kesesuaian (ketelitian). Pada Tabel 6 menunjukkan hasil presisi sebesar 0,1643 yang berarti nilai presisi telah memenuhi persyaratan yaitu nilai RSD < 2% (Sembiring, 2023). Sehingga dapat disimpulkan bahwa pada penelitian ini memiliki presisi yang baik.

Pengujian LoD (*Limit of Detection*) dan LoQ (*Limit of Quantification*) dilakukan untuk mengetahui batas konsentrasi analit yang dideteksi yang dapat terkuantifikasi oleh alat. Pada Tabel 7 didapatkan bahwa nilai batas deteksi (LoD) sebesar 0,3328 yang artinya konsentrasi analit terendah sampel masih dapat dideteksi. Kemudian didapatkan hasil nilai batas kuantitas (LoQ) sebesar 1,1095 yang artinya konsentrasi analit terendah dalam sampel yang masih dapat diukur pada metode yang digunakan (Maghfiroh et al., 2022).

SIMPULAN

Membran selulosa TKKS yang dibuat menggunakan pelarut DMAc lebih efektif dalam menurunkan kadar kreatinin. Sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam pengaplikasiannya di bidang Kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim penulis yang telah memberikan arahan dan tenaga dalam menyelesaikan penulisan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amilia, Z., Muhdarina, L., Kimia, J., Matematika, F., Riau, U., Bina, K., & Panam, W. (2013). Pembuatan Membran Hibrid Polisulfon-Lempung Yang Dikoagulasi Oleh 2-Propanol-Air Dan Aplikasinya Pada Air Gambut. In *Jurnal Photon* (Vol. 4, Issue 1).
- Amri, C. (2015). Study Of Preparation And Characterization Of Esterified Alginate As Hemodialysis Membrane.
- Apriani, R., Rohman, T., & Mustikasari, K. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Membran Selulosa Asetat dari Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 9 No.2, 91–98.
- Ariadi Lusiana, R., & Basid Adi, N. (2020). Membran dan Aplikasinya (I). CV.Tigamedia Pratama.
- Ayu Prestisya, I. (2016). Pembuatan Dan Karakterisasi Membran Nanofiber Selulosa Asetat Dengan Teknik Electrospinning Sebagai Hemodialisis Kreatinin.
- Citra Lestari, W., Sukma Ningtiar, E., Irianto, M. Y., & Widiastuti, N. (2021). SPECTA Journal of Technology Review: Potensi Pengembangan Membran Polimer Hidrofilik untuk Produksi Biodiesel Berbasis Mikroalga. *SPECTA Journal of Technology*, 5, 115–122. <https://journal.itk.ac.id/index.php/sjt>
- Faizal, M., Kimia Industri, T., Kimia, T., & Negeri Sriwijaya Jl Sriwijaya Negara Bukit Besar Palembang, P. (2022). Sintesis Dan Karakterisasi Selulosa Asetat Dari Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Bioplastik.
- Grzybek, P., Dudek, G., & van der Bruggen, B. (2024). Cellulose-based films and membranes: A comprehensive review on preparation and applications. In *Chemical Engineering Journal* (Vol. 495). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2024.153500>
- Hidayah, N. (2019). Studi Pendahuluan Potensi Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit Dalam Bidang Farmasi Dan Kesehatan. *Jurnal Budidaya Tanaman Perkebunan Politeknik Hasnur*, 05, 1–8.
- Maghfiroh, D., Monica, E., & Afthoni, M. H. (2022). Pengembangan Dan Validasi Metode Spektrofotometri Uv Vis Metode Derivatif Untuk Analisis Kafein Dalam Suplemen. *Sainsbertek Jurnal Ilmiah Sains & Teknologi*, 2(2).
- Permana, H. A., Delvitasari, F., Hartari, W. R., & Maryanti, M. (2024). Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Delignifikasi pada Kandungan Lignoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 51–58. <https://doi.org/10.25181/jaip.v12i1.2729>.
- Sembiring, B. M. (2023). Analisis Secara Simultan Kandungan Metformin HCl Dan Glibenklamid Dalam Sediaan Tablet Secara Spektorfotometri Ultraviolet. *Biologi Education Science & Technology Journal*, 6(1), 704–710.
- Zulfi, F., Dahlan, K., & Sugita, P. (2014). Karakteristik Fluks Membran Dalam Proses Filtrasi Limbah Cair Industri Pelapisan Logam. *Jurnal Biofisika*, 10, 19–29.