

SINTESIS DAN KARAKTERISASI SELULOSA XANTAT DARI TANDAN KOSONG KELAPA SAWIT

Dedi Teguh¹⁾, Vida Elsyana²⁾, Nita Pita Sari³⁾, Wahyu Saputra⁴⁾

¹Jurusan Teknik, Politeknik Negeri Lampung

E-mail: dediteguh@polinela.ac.id

Abstract

Cellulose xanthate or viscose is an intermediate in the production of viscose rayon, which is used in the manufacture of textile fibers and cellophane wrapping. Meanwhile, synthetic fibers in textile applications such as polyester, nylon, and spandex have environmental impacts due to the use of non-biodegradable, non-renewable resources and increase carbon emissions. This study aims to synthesize empty oil palm bunches into xanthate cellulose by knowing the effect of carbon disulfide concentration ratio to cellulose weight and xanthation temperature. The best xanthate cellulose was obtained at a ratio of 1:1.4 and a xanthation temperature of 35°C, namely with a degree of polymerization of 297.08. The best degree of substitution was obtained at a ratio of 1:1.4 and a xanthation temperature of 37.5°C with a degree of substitution of 0.5499. The results of FTIR characterization, there are several new wave peaks in xanthate cellulose, namely around 2121.5 cm⁻¹, 2124.4 cm⁻¹, 2123 cm⁻¹ which indicate the presence of -NCS groups and wave peaks of 691 cm⁻¹, 697 cm⁻¹, 693 cm⁻¹ which indicate C-S groups. SEM results on xanthate cellulose show that the surface structure looks stretched, porous and expanded due to the alkalization and xanthation processes.

Keywords: *xanthate cellulose, empty oil palm bunches, carbon disulfide, degree of polymerization, degree of substitution*

PENDAHULUAN

Salah satu masalah yang muncul seiring dengan pertumbuhan industri tekstil di Indonesia adalah daya saing pasar dunia untuk bahan baku dan teknologi pengolahan. Sumber daya alam yang ada harus mampu menyediakan bahan baku untuk industri tekstil. Menurut beberapa penelitian, ketersediaan benang lokal, semi-sintetis, dan kapas sangat terbatas (Husin *et al.*, 2021). Permintaan nasional untuk kapas sebagai bahan baku tekstil masih sangat bergantung pada pasokan luar negeri dengan perkiraan nilai impor sebesar 99,20% (Ahman *et al.*, 2020). Pertumbuhan produksi serat viskosa terus meningkat untuk menggantikan poliester dan kapas. Produktivitas dan ketersediaan yang rendah serta permintaan yang tinggi membuat kapas menjadi sangat mahal dan diimpor secara ekstensif. Sementara itu, serat sintetis dalam aplikasi tekstil seperti poliester, nilon, dan spandeks memiliki dampak terhadap lingkungan karena tidak dapat terurai secara hayati, tidak dapat diperbaharui, dan meningkatkan emisi karbon (Nikmatin *et al.*, 2022).

Indonesia sebagai salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit memiliki luas perkebunan sebesar 16,84 juta hektar pada tahun 2022 yang tersebar diseluruh pulau dengan

jumlah produksi mencapai 48,3 juta ton pertahun (Ditjen perkebunan, 2022). Peningkatan produksi minyak sawit juga akan meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan, terutama limbah padat. Permasalahan limbah padat dari produksi minyak sawit mentah (CPO) seperti cangkang, bobot mesokarp dan TKKS (Ilhami *et al.*, 2024). Terutama TKKS yang memiliki persentase paling tinggi yaitu sekitar 65% dari total limbah padat lainnya namun belum dimanfaatkan secara maksimal (Nikmatin *et al.*, 2022). Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa TKKS mengandung glukukan (selulosa), xilan (hemiselulosa) dan lignin dengan persentase masing-masing 37,3%-46,5%, 25,3%-33,8% dan 27,6%-32,5% (Sari *et al.*, 2023). Selain itu, ketersediaan TKKS memberikan tantangan dan kesempatan pemanfaatan sebagai bahan baku produksi bernilai ekonomi tinggi melalui diversifikasi menjadi produk tekstile berupa selulosa xantat yang dapat mendorong terciptanya produk dan pasar baru dalam produk tekstil dan industri kreatif nasional yang berkelanjutan (Ilhami, 2024). Selain itu, konversi menjadi polimer alami berupa kapas sintetis merupakan solusi untuk mengatasi rendahnya produksi dan ketersediaan serat alam seperti kapas, sutra dan wool (Frazier *et al.*, 2024).

Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan jumlah dan variasi bahan baku organik lokal yaitu biomassa dari TKKS pada produk tekstil sebagai inovasi yang maju dan strategis. Untuk mendapatkan serat dengan kriteria yang diinginkan, diperlukan proses rekayasa biomaterial dengan mencampurkan selulosa dengan bahan lainnya (Lin *et al.*, 2025). Selulosa TKKS dikonversi menjadi selulosa xantat dengan mereaksikan substrat yang mengandung gugus hidroksil (selulosa) dengan karbon disulfida (CS_2) dan natrium hidroksida (NaOH). Rekayasa biomaterial ini diharapkan dapat menghasilkan bahan baku lokal non-kapas dari berbagai sumber daya alam di Indonesia yang ramah lingkungan dalam aplikasi industri tekstil.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan bersifat eksperimental laboratorium menggunakan bahan baku utama yaitu TKKS yang berasal dari PT. Perkebunan Nusantara VII Unit Usaha Bekri (Lampung Tengah, Provinsi Lampung). Adapun bahan kimia yang digunakan antara lain NaOH (Merck), CS_2 (Merck), aquades, etanol (Merck), HNO_3 (Merck), H_2SO_4 (Merck), $BaCl_2$ (Merck), glukosa, fenol dan alumunium foil. Sementara itu, alat-alat yang digunakan antara lain Diskmill, Oven (HAIDA), magnetik stirrer (CORNING PC-620D), timbangan digital (Ohaus Pa323c), sieving shaker, kertas saring, pH meter (Merck), viskometer

(PYREX), Spectrofotometer UV Vis (AE-S60-2UPC), SEM (ZEISS EVO MA10), FTIR (8201PC Shimadzu).

TKKS di *shredding* menjadi ukuran 10-20 cm, kemudian digiling menggunakan diskmill menjadi ukuran 60 mesh (Nikmatin, 2022). Selanjutnya dikeringkan didalam oven pada suhu 105°C hingga bobot konstan (Iryani et al., 2019). Setelah itu TKKS sebanyak 75 g direflux menggunakan H₂O selama 1 jam pada suhu 95-100°C. Sampel biomassa ditimbang sebanyak 1 g, kemudian direfluks selama 2 jam dengan 150 mL H₂O pada suhu 100°C. Setelah itu sampel di keringkan menggunakan oven hingga bobot konstan. Residu sampel yang telah dikeringkan direflux selama 2 jam dengan 150 mL 0,5 M H₂SO₄ pada suhu 100°C (Hartati *et al.*, 2023). Setelah itu di keringkan menggunakan oven hingga bobot konstan. Residu sampel yang telah dikeringkan diperlakukan 10 mL 72% (v/v) H₂SO₄ pada suhu ruang selama 4 jam, kemudian diencerkan menjadi 0,5 M H₂SO₄ dan direflux pada suhu 100°C selama 2 jam. Keringkan menggunakan oven hingga bobot konstan. Residu sampel yang telah dikeringkan kemudian diabukan dengan furnace pada suhu 575°C hingga bobot konstan selama 3 jam. Sebanyak 75 g TKKS direndam dalam 750 mL larutan NaOH 0,25 M selama 18 jam pada suhu ruang dan dilanjutkan proses reflux dalam 750 mL larutan Etanol-HNO₃ 20% (v/v) selama 3 jam (Iryani *et al.*, 2019). Selulosa yang diperoleh dilakukan uji SEM dan FTIR. Proses alkalisasi selulosa dilakukan dengan merendam 15 g selulosa hasil isolasi dalam larutan 100 mL NaOH 18% selama 3 jam pada suhu ruang (Iryani *et al.*, 2019). Dari proses alkalisasi akan diperoleh alkali selulosa, lakukan proses xanthasi dengan menambahkan karbon disulfida (CS₂) dengan rasio 1:1, 1:1,2, dan 1:1,4 (b/b) dari bobot selulosa yang digunakan. Proses xanthasi dilakukan dengan variasi suhu 32,5, 35 dan 37,5°C selama 100 menit selama proses xanthasi tersebut dilakukan pengadukan (Sari *et al.*, 2023). Hasil akhir dari proses xanthasi ini disebut dengan selulosa xanthat. Kemudian selulosa xanthat yang dihasilkan dianalisis Derajat Substitusi (DS), Derjat Polimerisasi (DP), serta uji SEM dan FTIR. Penentuan DS dapat dilakukan dengan menghitung rasio sulfur terhadap glukosa ($\frac{\% \text{ sulfur}}{\% \text{ glukosa}}$) kemudian, DS dapat dihitung dengan membagi rasio sulfur per glukosa yang diperoleh dengan faktor pengali 0,395 (Heuser, 1954).

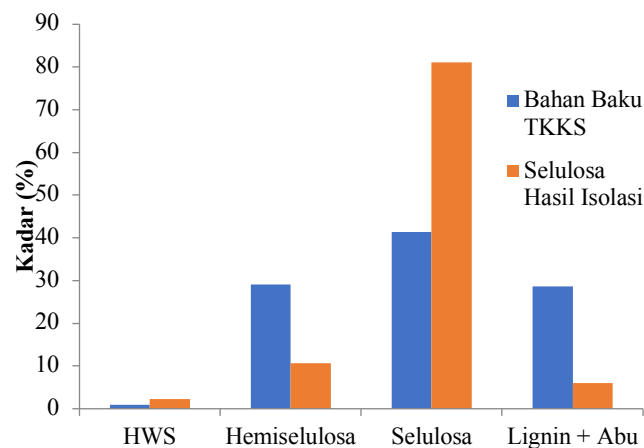
$$\text{Derajat Substitusi (DS)} = \frac{\text{Rasio kadar sulfur terhadap kadar selulosa}}{0,395}$$

Penentuan DP dilakukan dengan cara memasukkan pelarut NaOH sebanyak 10 mL ke dalam viskometer Ostwald. Catat waktu yang dibutuhkan pelarut untuk mengalir dari batas atas sampai batas bawah tabung viskometer. Timbang 0,025 g senyawa xanthat dan memasukkan

ke dalam labu ukur 10 mL larutkan sedikit demi sedikit dengan NaOH hingga garis batas labu takar dan campuran dihomogenkan. Masukkan 10 mL larutan ke dalam viskometer Ostwald. Catat waktu alir dari campuran tersebut. Ulangi langkah-langkah tersebut di atas dengan variasi konsentrasi larutan yaitu 0,0025 g/mL, 0,005 g/mL, 0,0075 g/mL dan 0,01 g/mL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

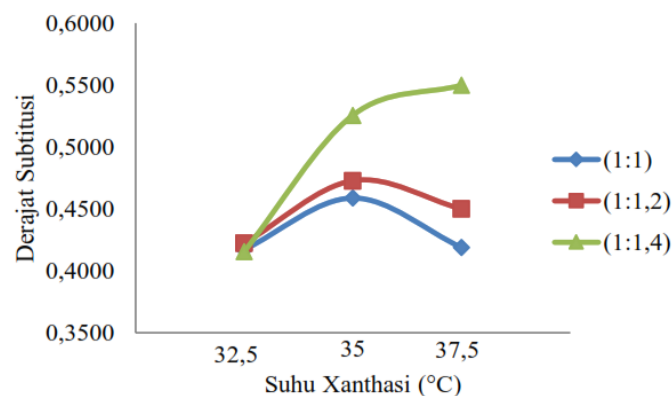
1. Hasil Analisis Lignoselulosa TKKS dan Hasil Isolasi



Gambar 1. Grafik hasil analisis lignoselulosa TKKS dan hasil isolasi

Dari Gambar 1 terlihat bahwa pada sampel TKKS setelah dilakukan uji lignoselulosa diperoleh persentase selulosa, lignin+abu, hemiselulosa, dan HWS masing-masing yaitu 41,35%, 28,69%, 29,08%, dan 0,88%. Dari Gambar 1 terlihat bahwa selulosa hasil isolasi diperoleh kemurnian sebesar 81,07%. Hasil selulosa juga mengandung hemiselulosa (10,65%), serta lignin dan abu (6,00%). Hal ini menunjukkan bahwa proses isolasi yang dilakukan berhasil untuk mengambil selulosa pada TKKS. Proses ini terjadi pengembangan serat sehingga hemiselulosa, garam-garam mineral, dan abu hilang (Nurafni *et al.*, 2024).

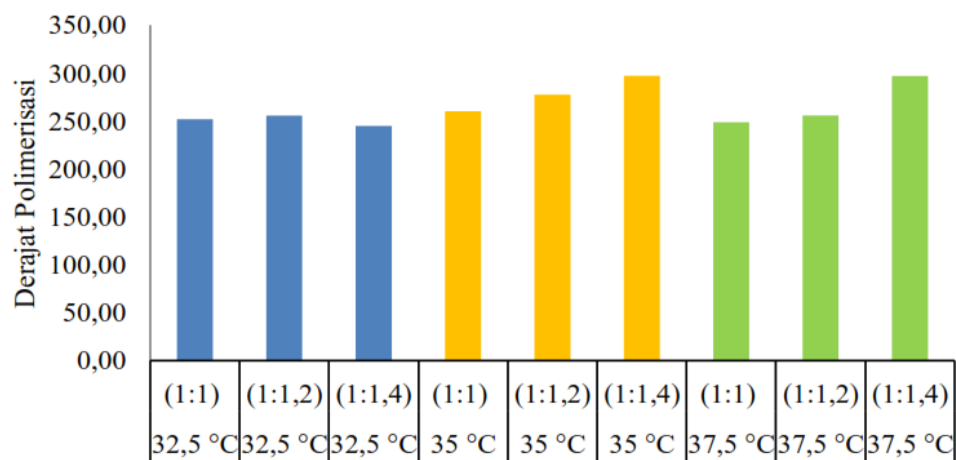
2. Hasil Analisis Derajat Substitusi (DS)



Gambar 2. Grafik Pengaruh Suhu Xanthasi terhadap Derajat Subtitusi

Dari grafik pada Gambar 2 menunjukkan terjadinya peningkatan nilai DS pada suhu 35°C dan 37,5°C pada variasi rasio 1:1, rasio 1:1,2 dan rasio 1:1,4. Nilai DS pada suhu tersebut memiliki peningkatan dengan dipengaruhi peningkatan jumlah CS₂ yang ditambahkan pada proses xanthasi, hal ini menunjukkan bahwa untuk membentuk selulosa xanthat dengan nilai DS yang tinggi dibutuhkan peningkatan jumlah CS₂ yang ditambahkan pada proses xanthasi sehingga banyaknya CS₂ yang tersubstitusi ke dalam selulosa. Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa untuk menghasilkan selulosa xanthat dengan nilai DS yang tinggi diperlukan penambahan CS₂ yang lebih banyak serta diikuti dengan peningkatan suhu pada proses xanthasi.

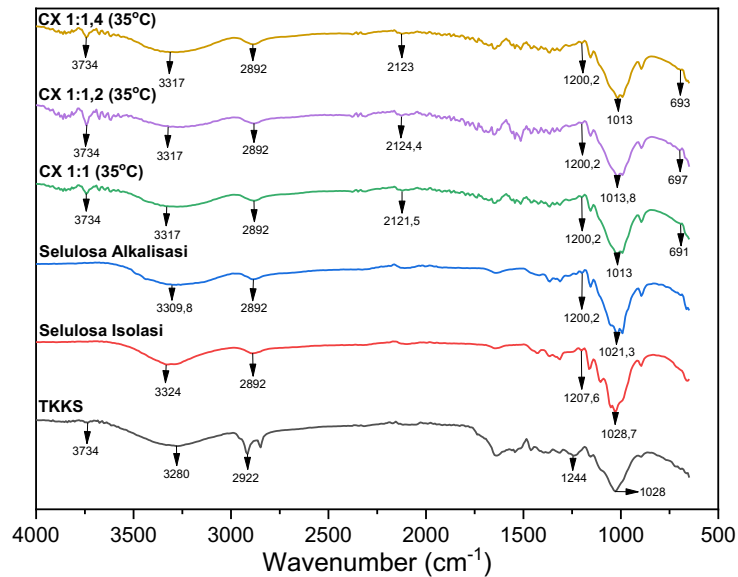
3. Hasil Analisis Derajat Polimerisasi (DP)



Gambar 3. Grafik Pengaruh Rasio dan Suhu Terhadap Derajat Polimerisasi

Berdasarkan Gambar 3, derajat polimerisasi tertinggi tercapai pada suhu 35°C sebesar 297,08 pada rasio 1:1,4. Hasil ini selaras dengan penelitian Iryani *et al* (2019), dimana derajat polimerisasi tertinggi juga terjadi pada suhu xanthasi 35°C. Pada Gambar 3, DP yang didapatkan pada suhu xanthasi 37,5°C memiliki peningkatan nilai DP yang signifikan jika dibandingkan dengan DP pada suhu 37,5°C (rasio 1:1,2) dengan penambahan CS₂ yang lebih sedikit, hal ini menunjukkan bahwa untuk menghasilkan selulosa xanthat dengan nilai DP yang tinggi dapat dilakukan dengan penambahan banyaknya CS₂, namun hal ini belum bisa melebihi nilai DP pada suhu 35°C pada rasio 1:1,4. Dari data nilai DP pada selulosa xanthat yang didapatkan pada penelitian telah memenuhi standar secara komersial yaitu nilai DP ≥ 250 (Heuser, 1943).

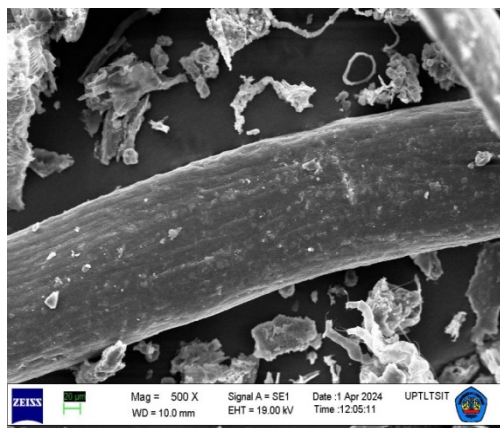
4. Hasil Uji FTIR



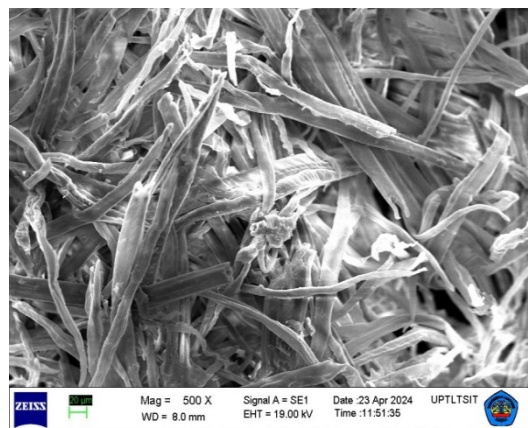
Gambar 4. Hasil Uji FTIR

Berdasarkan hasil uji FTIR pada Gambar 4 terdapat perbedaan pada spectrum IR pada TKKS, selulosa dan alkali selulosa yang menandakan terjadinya penurunan kadar lignin pada TKKS sebelum isolasi dan sesudah isolasi dengan adanya pergeseran nilai puncak pada gugus C=C pada lignin yang terdapat pada selulosa alkalisasi. Spectrum IR pada produk selulosa xanthat memiliki puncak baru yang menandakan berhasilnya untuk mensubstitusi CS₂ ke dalam selulosa.

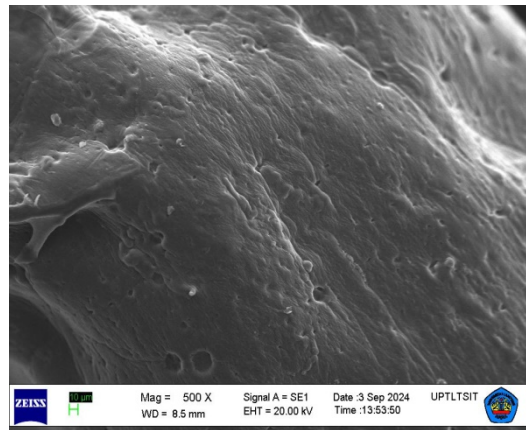
5. Hasil Uji SEM



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Hasil Uji SEM pada sampel TKKS (a), Selulosa (b), dan Selulosa Xantat (c)

Berdasarkan hasil uji SEM terhadap sampel TKKS diketahui bahwa morfologi permukaan TKKS masih cenderung rapat, seratnya berukuran 9,5-10 mm, terlihat kasar, bentuknya belum seragam dan masih terdapat impurities disekitar seratnya. Hal ini dikarenakan belum dilakukannya proses isolasi, sehingga masih terdapat kandungan hemiselosa, lignin, dan bahan lainnya. Sedangkan morfologi permukaan pada sampel selulosa cenderung merenggang, seratnya berukuran 8 mm, terlihat halus, bentuknya sudah seragam, dan tidak terdapat impurities lainnya. Hal ini terjadi karena adanya ikatan molekul yang terkandung di dalam selulosa. Menurut (Sari *et al.*, 2023) permukaan selulosa isolasi yang rapat menunjukkan ikatan antar molekulnya masih kuat. Berdasarkan hasil uji SEM pada sampel selulosa xanthat (c) terlihat bahwa struktur permukaannya terlihat merenggang, berpori dan mengembang akibat proses alkalisasi dan xanthasi.

SIMPULAN

DS dan DP pada selulosa xanthat berbanding lurus terhadap jumlah CS₂. DS dan DP tertinggi tercapai pada rasio 1:1,4 pada suhu xanthasi 35°C yaitu dengan nilai DS sebesar 0,5257 dan DP sebesar 297,08. Berdasarkan hasil karakterisasi FTIR, terdapat beberapa puncak gelombang baru pada selulosa xanthat yaitu berturut-turut berkisar pada 2121,5 cm⁻¹, 2124,4 cm⁻¹, 2123 cm⁻¹ yang menunjukkan keberadaan gugus –NCS dan puncak gelombang baru berturut-turut berkisaran 691 cm⁻¹, 697 cm⁻¹, 693 cm⁻¹ yang menunjukkan gugus C-S. Hal ini menjelaskan bahwa gugus hidroksil dalam selulosa TKKS berhasil tersubstitusi oleh CS₂ selama proses xanthasi. Berdasarkan hasil SEM pada selulosa xanthat terlihat bahwa struktur permukaannya terlihat merenggang, berpori dan mengembang akibat proses alkalisasi dan xanthasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahman, E., Machmud, A., Sumawidjadja, R. N., & Herlinawati, E. (2020). Model of the competitive advantage of creative industries in indonesia based on helix quadruple, creativity and innovation capability. *Int. J. Innov. Creat. Chang*, 11, 516-532.
- Datta, Rathin. (1981). Acidogenic fermentation of lignocellulose–acid yield and conversion of components. *Biotechnology and Bioengineering*, XXII, 2167-2170. John Willey & Sons, Inc.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. Kementerian Pertanian. (2022). Luas lahan kelapa sawit di Indonesia (2020-2022), 3-5.
- Frazier, R. M., Vivas, K. A., Azuaje, I., Vera, R., Pifano, A., Forfora, N., Jameel, H., Ericka, F., Pawlak, J. J., Venditi, R. (2024). Beyond cotton and polyester:An evaluation of emerging feedstocks and conversion methods for the future of fashion industry. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, 9, 130-159.
- Hartari, W. R., Delvitasari, F., Maryanti, Undadraja, B., Hasbullah, F., & Deksono, A. D., (2023). Pengujian lignoselulosa tandan kosong kelapa sawit dengan waktu delignifikasi H₂SO₄ menggunakan uap bertekanan. *J. Ago Ind. Perkeb*, 11, 151-158.
- Heuser, E., (1943). *The Chemistry of Cellulose*. John Wiley & Song, Inc. London.
- Husin, R., Hidayah, N., & Mukmin, T. M. (2021). Creative industries in supporting Indonesia's economic growth in innovation perspective. *Bus. Econ. J*, 1-4.
- Ilhami, A., Hidayat, T., & Riandi. (2024). Analisis trends produksi dan potensi limbah padat kelapa sawit pada perkebunan rakyat di Provinsi Riau. *El-Jughrafiyah*, 4, 14-22.
- Iryani, D. A., Risthy, Nisa, M., Ginting, Simparmin, B., & Darmansyah. (2019). Efect of xhantation temperature reaction into performance of cellulose xanthat from sugarcane baggase for adsorption of heavy metal. *Journal of Chemical and Environmental Engineering*, 14, 81-87.
- Lin, J., Cui, L., & Wu, S. (2025). Emerging trends in microfluidic biomaterials: from functional design to applications. *Journal of Functional Biomaterials*, 16, 2-33.
- Nikmatin, S., Irmansyah, Hermawan, B., Kardiansyah, T., Seta, F. T., Afiah, I. N., & Umam, R. (2022). Oil Palm Empty Fruit Bunches as Raw Material of Dissolving Pulp for Viscose Rayon Fiber in Making Textile Products. *Polymers*, 14, 2-18.
- Nurafni, S., Sumiati, T., & Putri, A. (2024). Karakteristik hidroxy propyl methyl cellulosa (HPMC) dari sabut kelapa yang disintesis dengan natrium hidroksida konsentrasi 20%. *Jurnal Farmamedika*, 9, 30-36.
- Sari, N. P., Iryani, D. A., Teguh, D., Wulandari, Y. R. (2023). Pengaruh konsentrasi karbon disulfida (CS₂) terhadap kinerja biosorben selulosa xanthat untuk penjerapan logam berat. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 15, 144-159.