

Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Popok Bayi Termodifikasi Asam Stearat sebagai Absorben Hidrofobik untuk Pemisahan Minyak dan Air

Dimas Pramudita^{1*}, Yuneta¹, Oktavia Rahmi Wulandari¹, Tasya Amalia¹, Rendy Muhamad Iqbal^{1,2,3}, Nurul Hidayat⁴, Akhmad Damsyik¹, Riandy Putra¹

¹ Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Palangka Raya, Palangka Raya, Indonesia 73111

² Chemistry Department, Faculty of Science, Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Baru, Malaysia 81310

³ Advanced Membrane Technology Research Center (AMTEC), Universiti Teknologi Malaysia, Skudai, Johor Baru, Malaysia 81310

⁴ Program Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang,
Jl. Semarang No. 5, Malang, Indonesia 65145

*alamat email korespondensi: dimaspramudita@mhs.mipa.upr.ac.id

Abstract

The increasing use of baby diapers each year has led to the issue of baby diaper waste that cannot be naturally degraded. The cellulose content in the waste can be reused as an absorbent so that it can overcome oil spills in the waters. This study aims to modify the surface of cellulose derived from baby diaper waste using stearic acid as a hydrophobic absorbent, through three stages: preparation, cellulose separation, and modification with varying amounts of stearic acid at 5, 6, and 7 grams (V_1 , V_2 , V_3). The separation of cellulose using nitric acid and acetic acid resulted in a yield of 87%. The Water Contact Angle (WCA) of the modified stearic acid absorbent showed values of 108.552° , 124.327° , and 127.980° for V_1 , V_2 , and V_3 , respectively, confirming the hydrophobic nature of the material. The modified hydrophobic absorbent exhibited absorption capacities of 3.129 g/g, 0.523 g/g, 0.329 g/g, and 0.296 g/g for cellulose, V_1 , V_2 , and V_3 , with separation efficiencies of 0.43%, 0.38%, and 0.37%, which are lower compared to cellulose that achieved 1.63%. However, the oil absorption concentrations in the engine oil test parameters were 59.34%, 60.13%, and 96.84%, which are significantly higher than the 7.39% observed for cellulose. The most excellent variation, based on the WCA values and the oil absorption concentration, is V_3 .

Keyword: Baby diapers waste, cellulose, stearic acid, hydrophobic absorbent, oil spills

Abstrak

Peningkatan penggunaan popok bayi setiap tahun menyebabkan masalah limbah popok bayi yang tidak dapat terdegradasi secara alami. Kandungan selulosa dalam limbah tersebut dapat dimanfaatkan kembali menjadi absorben sehingga dapat mengatasi tumpahan minyak di perairan. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi permukaan selulosa dari limbah popok bayi menggunakan asam stearat sebagai absorben hidrofobik, melalui tiga tahapan: preparasi, pemisahan selulosa, dan modifikasi dengan asam stearat dengan variasi 5, 6, dan 7 gram asam stearat (V_1 , V_2 , V_3). Pemisahan selulosa dengan asam nitrat dan asam asetat menghasilkan rendemen sebesar 87%. Water Contact Angle (WCA) dari absorben termodifikasi asam stearat menunjukkan nilai $108,552^\circ$, $124,327^\circ$, dan $127,980^\circ$ berturut-turut untuk V_1 , V_2 , dan V_3 , yang berarti material ini terkonfirmasi memiliki sifat hidrofobik. Absorben hidrofobik termodifikasi menunjukkan kapasitas penyerapan 3,129 g/g, 0,523 g/g, 0,329 g/g, dan 0,296 g/g untuk selulosa, V_1 , V_2 , dan V_3 , dengan efisiensi pemisahan masing-masing 0,43%, 0,38%, dan 0,37%, lebih rendah dibandingkan selulosa yang mencapai 1,63%. Namun, konsentrasi minyak yang terserap pada parameter uji oli mesin adalah 59,34%, 60,13%, dan 96,84%, jauh lebih tinggi dibandingkan selulosa yang hanya 7,39%. Variasi yang paling unggul berdasarkan nilai WCA dan konsentrasi minyak yang terserap adalah V_3 .

Kata Kunci: *Limbah popok bayi, selulosa, asam stearat, absorben hidrofobik, tumpahan minyak*

I. PENDAHULUAN

Peningkatan yang pesat dalam eksploitasi, transportasi, dan pemanfaatan minyak fosil seringkali menyebabkan pembuangan limbah industri secara sembarangan yang menimbulkan terjadinya insiden tumpahan minyak di berbagai wilayah dunia. Berdasarkan informasi dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), antara tahun 2016 hingga 2022 telah terjadi sejumlah insiden tumpahan minyak dengan puncaknya pada tahun 2018 yang mencatat

total tumpahan mencapai 53.055,57 barel [1]. Tumpahan minyak ini dapat menyebabkan kerugian serius terhadap sumber daya alam di ekosistem pesisir dan laut dalam jangka waktu yang panjang. Selain itu, dampak dari limbah minyak di perairan dapat mempengaruhi berbagai aspek termasuk lingkungan ekologis, kesehatan manusia, sektor ekonomi, dan pariwisata. Oleh karena itu, diperlukan solusi yang mendesak untuk menangani pencemaran minyak dengan cara yang efektif dan efisien [2].

Secara garis besar, strategi saat ini dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian yaitu pertama, melakukan pembakaran minyak di lokasi tumpahan [3]; kedua, menambahkan dispersan pada tumpahan minyak untuk memfasilitasi degradasi alam [4]; dan ketiga, mengekstraksi minyak dari air [5]. Pengekstrakan minyak dari air dapat dilakukan melalui metode absorpsi. Absorpsi merupakan suatu fenomena dimana adsorbat (minyak) diserap ke dalam suatu adsorben (penyerap). Metode absorpsi tampaknya menjadi pilihan yang lebih ramah lingkungan karena baik material penyerap maupun minyak yang diserap dapat didaur ulang dan digunakan kembali [6]. Adsorben berbasis selulosa menjadi pilihan utama dalam konteks penyerap karena sifatnya yang ramah lingkungan. Material ini memiliki keunggulan seperti kemampuan diperbarui dan terurai, sifat mekanik yang baik, kerapatan rendah, porositas tinggi, kapasitas serapan yang tinggi, serta efektivitas biaya yang optimal [7]. Selulosa dapat diperoleh dari berbagai sumber termasuk tumbuhan seperti sekam padi [8], Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) [9], tongkol jagung [10], dan jerami padi [11]. Salah satu sumber selulosa yang menjanjikan yaitu limbah popok bayi sekali pakai, karena mengandung 36,6% selulosa, 30,7% natrium poliakrilat, 16% polipropilena, 6,2% polietilena berkepadatan rendah, dan 10,5%

pita elastis dan pita perekat [12], serta penelitian terdahulu oleh Trilokesh et al. [13] menunjukkan bahwa selulosa yang diperoleh dari limbah popok bayi sebesar $25,13 \pm 1,02\%$.

Pemanfaatan limbah popok bayi sekali pakai tidak hanya membantu mengatasi tumpahan minyak di perairan, tetapi juga menawarkan solusi untuk mengurangi akumulasi popok bekas yang terus meningkat seiring dengan pertumbuhan angka kelahiran di seluruh dunia. Diperkirakan sekitar 20 miliar popok bayi bekas dibuang ke tempat pembuangan sampah setiap tahun, menghasilkan lebih dari 3,5 juta ton limbah yang membutuhkan hampir 500 tahun untuk terurai secara sempurna. Produksi limbah popok yang memanfaatkan berbagai sumber daya telah menimbulkan berbagai masalah lingkungan sekaligus menjadi ancaman bagi kesehatan masyarakat [14]. Pengelolaan limbah popok bayi secara efisien menjadi sangat penting karena limbah ini tergolong limbah B3, mengingat sifat infeksiusnya yang diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 56 Tahun 2015 [15]. Hal ini menegaskan perlunya langkah-langkah penanganan terhadap masalah yang ditimbulkan oleh limbah tersebut. Salah satu langkah yang dapat diambil adalah pemanfaatan kembali limbah popok bayi sekali pakai sebagai adsorben hidrofobik untuk menyerap minyak.

Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Chau et al. [16] melaporkan penggunaan selulosa mentah tanpa modifikasi dianggap kurang efektif karena kapasitas penyerapannya terhadap minyak hanya mampu mencapai sekitar 70%. Sementara itu, Asadu et al. [17] melaporkan bahwa selulosa yang dimodifikasi dengan asam stearat mampu meningkatkan kapasitas penyerapannya terhadap minyak hingga mencapai 96,4%. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa modifikasi selulosa dengan bahan lain, seperti Polydimethylsiloxane [18], dan polytetrafluoroethylene [19], dapat meningkatkan sifat hidrofobik, tetapi tidak dapat terdegradasi secara alami [20], [21]. Asam stearat dipilih karena ketersediaan dan sifat biodegradabilitasnya [22], [23], karena asam stearat adalah asam lemak jenuh yang banyak tersedia dan berasal dari sumber alami, seperti minyak nabati dan hewani [24]. Salah satu penelitian yang berkaitan dengan modifikasi menggunakan asam stearat mencatat nilai WCA mencapai $156,2^\circ$ [25].

Penelitian mengenai pemanfaatan limbah popok bayi sebagai sumber selulosa termodifikasi untuk absorben hidrofobik masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk memanfaatkan selulosa dari limbah popok bayi yang dimodifikasi dengan asam stearat

sebagai absorben hidrofobik. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah popok bayi sebagai absorben hidrofobik yang berkontribusi dalam pemisahan minyak dan air. Dengan demikian, pemanfaatan limbah popok bayi dapat menjadi solusi yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

II. METODELOGI

2.1. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *hot plate magnetic stirrer*, oven, gelas beaker, gelas ukur, pipet ukur, labu ukur, cawan petri 8 cm, corong gelas, kertas saring *Whatman* 10 μm , batang pengaduk, gunting, dan timbangan analitik. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya, aquades, asam asetat (CH_3COOH), asam nitrat (HNO_3), etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$), asam stearat ($\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$), minyak goreng sawit, bahan bakar motor, dan oli mesin.

2.2. Pemisahan Selulosa dari limbah Popok Bayi

Popok sekali pakai dibersihkan beberapa kali menggunakan air. Kemudian *Super Absorbent Polymer* (SAP) yang mengembang didalamnya diangkat secara manual dan dikeringkan pada suhu 150°C selama 3 jam hingga kering. Sebanyak 3,0 g SAP yang telah kering dicampur dengan 60

mL campuran CH₃COOH (82%) dan HNO₃ (65%) dalam perbandingan 1:20 (b/v), dengan rasio HNO₃ terhadap CH₃COOH sebesar 1:10 (v/v). Selama 20 menit, suspensi asam dipanaskan dalam labu didih leher dua pada suhu 100 °C. Setelah itu, suspensi difiltrasi menggunakan corong *buchner* dan residu selulosa dikumpulkan. Untuk menghilangkan sisa asam, selulosa dicuci berulang kali dengan air deionisasi, lalu diikuti oleh etanol. Proses pencucian diulangi hingga selulosa benar-benar berwarna putih [26]. Rendemen dihitung menggunakan persamaan 1 [27].

Rendemen (wt.%)=

$$\frac{\text{Berat selulosa yang diperoleh}}{\text{Berat SAP}} \times 100\% \quad (1)$$

2.3. Modifikasi Absorben Berbasis Selulosa Termodifikasi Asam Stearat

Selulosa hasil pemisahan dimodifikasi berdasarkan metode Daulay *et al.* [28] dengan sedikit perubahan sebagai berikut. Sebanyak 5, 6, dan 7 gram asam stearat (masing-masing disebut V₁, V₂, dan V₃) ditambahkan ke dalam 20 mL etanol pekat, kemudian campuran dipanaskan pada suhu 60 °C sambil diaduk. Setelah itu, 1 gram selulosa ditambahkan sehingga menghasilkan perbandingan massa selulosa terhadap asam stearat sebesar 1:5, 1:6, dan 1:7 (b/b) dengan tetap mempertahankan kondisi selama 5 menit. Setelah itu, campuran dimasukkan ke dalam

cawan petri dan dikeringkan pada suhu 30 °C selama 6 jam dilanjutkan pengeringan pada suhu ruang selama 4 jam.

2.4. Karakterisasi Absorben

Selulosa dari pemisahan limbah popok bayi sekali pakai dikarakterisasi menggunakan *Fourier Transform-Infrared* (FT-IR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *X-Ray Diffraction* (XRD) kemudian dibandingkan dengan absorben termodifikasi asam stearat. Setelah itu, dilakukan pengukuran *Water Contact Angle* (WCA) untuk menentukan sifat hidrofobik suatu material [29]. Prosedur WCA dilakukan dengan meneteskan air pada permukaan material, selanjutnya dilakukan pengambilan gambar pada sudut tertentu dan dibandingkan dengan sampel kontrol [30].

2.5. Pengujian Perbandingan Kapasitas Penyerapan serta Efisiensi Pemisahan Minyak pada Selulosa dan Absorben Termodifikasi

Kapasitas penyerapan selulosa dan yang termodifikasi (absorben) diuji menggunakan berbagai cairan (minyak goreng sawit, oli mesin, dan bahan bakar motor). Sebanyak 100 gram air ditambahkan dengan 25 gram minyak dan diaduk selama 15 menit. Kemudian dimasukkan 1 gram selulosa/absorben dan dilakukan pengukuran setiap 5 menit. Sesuai

dengan standar ASTM F-726-12, uji ini menilai kapasitas absorpsi cepat (perendaman selama 15 menit). Kapasitas penyerapan dijelaskan pada persamaan 2:

$$S_s = \frac{S_{ST} - S_o}{S_o} \quad (2)$$

Dimana S_s adalah kapasitas penyerapan (g (cair)/g (sorben)), dan S_o dan S_{ST} adalah berat serat selulosa sebelum dan sesudah penyerapan [31]. Pengujian efisiensi pemisahan minyak (R%) dihitung dengan persamaan 3:

$$R(\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_i}\right) \times 100\% \quad (3)$$

Dimana C_p adalah kandungan minyak dalam air setelah pemisahan satu kali dan C_i adalah kandungan minyak dalam campuran asli minyak/air [31]. Konsentrasi minyak yang terserap dihitung dengan persamaan 4:

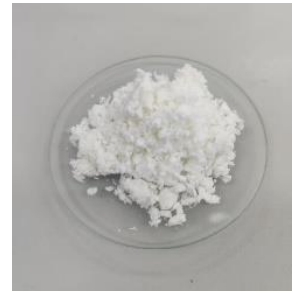
$$\text{Konsentrasi Minyak (\%)} = \frac{M_t}{M_a} \times 100 \quad (4)$$

Dimana M_t adalah kandungan minyak yang terserap oleh absorben, dan M_a adalah total minyak dan air yang terserap absorben.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemisahan dilakukan dengan menggunakan SAP yang telah dibersihkan dan dikeringkan. Proses pembersihan dan pengeringan popok bertujuan untuk menghilangkan kontaminan awal dan memastikan bahwa semua air yang terserap di dalam popok menguap, sehingga SAP lebih

mudah diangkat. Pengangkatan manual SAP penting untuk memastikan hanya material selulosa yang tersisa untuk diproses lebih lanjut. Proses pemisahan dilakukan dengan mereaksikan larutan asam nitrat dan asam asetat dengan SAP sehingga diperoleh selulosa.

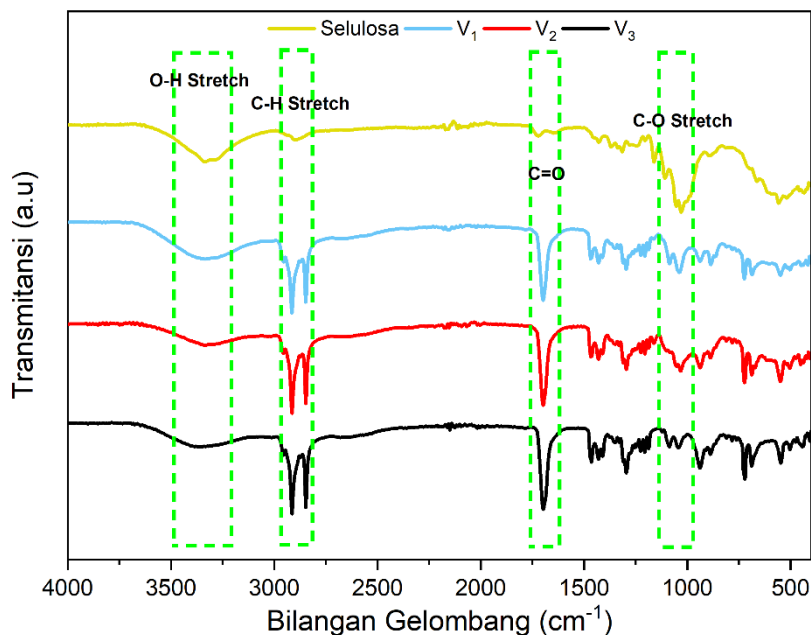


Gambar 1. Selulosa Hasil Pemisahan dari Limbah Popok Bayi

Pemisahan selulosa dari limbah popok bayi menghasilkan serbuk halus berwarna putih, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Hasil pemisahan ini menunjukkan rendemen selulosa yang tinggi, yaitu mencapai 87% per 3 gram SAP. Kandungan selulosa pada limbah popok bayi terbukti lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Norfarhana *et al.* [27]. Penelitian tersebut melaporkan rendemen selulosa sebesar 65,32% yang diperoleh dari serat aren. Perbandingan ini menunjukkan bahwa limbah popok bayi memiliki potensi besar sebagai sumber selulosa dengan rendemen yang lebih baik. Selain itu, tingginya rendemen selulosa ini menandakan

bahwa limbah popok bayi dapat dimanfaatkan secara efisien untuk menghasilkan selulosa. Dengan demikian, penelitian ini membuka

peluang baru untuk pemanfaatan limbah popok bayi dalam industri yang berfokus pada keberlanjutan dan pengurangan limbah.



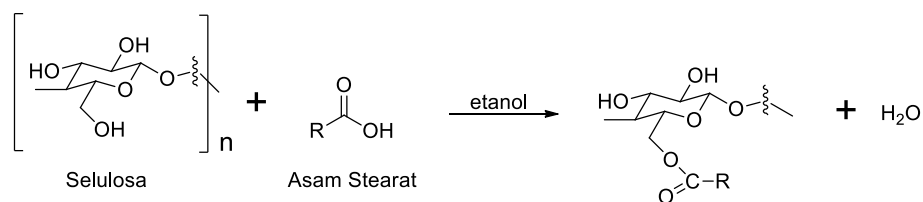
Gambar 2. Spektra FT-IR Selulosa dan Absorben Termodifikasi Asam Stearat

Spektra FT-IR dari selulosa pada **Gambar 2** menunjukkan puncak pada $3334,48\text{ cm}^{-1}$ untuk *O-H stretching*, $2900,91\text{ cm}^{-1}$ untuk *C-H stretching*, dan puncak pada $1029,72\text{ cm}^{-1}$ untuk ikatan *C-O stretching*. Puncak-puncak yang dihasilkan untuk selulosa sesuai dengan penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Duc *et al.* [26]. Hal ini menunjukkan bahwa selulosa yang didapatkan telah dipisahkan dari SAP. Spektra dari absorben termodifikasi variasi 1 menunjukkan puncak pada $3334,48\text{ cm}^{-1}$ untuk *O-H stretching*, $2915,18$ dan $2846,72$

cm^{-1} untuk *C-H stretching*. Serta terbentuk puncak baru ikatan *C=O* pada $1698,62\text{ cm}^{-1}$. Variasi 2 menunjukkan puncak $3338,76\text{ cm}^{-1}$ untuk *O-H stretching*, $2913,75$ dan $2846,72\text{ cm}^{-1}$ untuk *C-H stretching* dan terbentuk puncak baru ikatan *C=O* pada $1698,62\text{ cm}^{-1}$. Variasi 3 menunjukkan puncak $3358,73\text{ cm}^{-1}$ untuk *O-H stretching*, $2913,75$ dan $2846,72\text{ cm}^{-1}$ *C-H stretching* dan terbentuk puncak baru pada $1697,19\text{ cm}^{-1}$ untuk ikatan *C=O*. Puncak *O-H* pada selulosa yang dimodifikasi dengan asam stearat menunjukkan penurunan intensitas. Penurunan ini disebabkan oleh

reaksi esterifikasi antara gugus O-H pada selulosa dengan gugus COOH pada asam stearat, yang menghasilkan ester (C=O) dengan puncak khas pada sekitar 1698 cm^{-1} yang disertai pembentukan air (H_2O) sebagai produk samping. Selain itu, rantai alkil (C-H) dari asam stearat juga ikut terikat pada struktur selulosa, yang mengakibatkan munculnya spektra pada daerah serapan 2913 dan 2846 cm^{-1} . Reaksi ini dapat dilihat pada **Gambar 3** yang sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Amaliyah *et al.* [32]. Puncak-puncak yang dihasilkan oleh selulosa termodifikasi asam stearat variasi 1-3 juga memperoleh hasil yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Daulay *et al.* [28]. Rantai alkil panjang yang terikat pada selulosa menyebabkan permukaan selulosa

menjadi hidrofobik, hal ini dibuktikan oleh nilai *Water Contact Angle* (WCA). Sifat hidrofobik ini mempengaruhi proses absorpsi yang berlangsung melalui mekanisme fisik. Absorpsi fisik dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk kelarutan zat yang diserap, suhu, tekanan, luas permukaan, dan waktu kontak antara adsorbat dan adsorben [33]. Permukaan selulosa yang bersifat hidrofobik menyebabkan peningkatan selektivitas terhadap zat yang memiliki karakter oleofilik, yaitu zat yang cenderung larut dalam minyak [34]. Hal ini mengindikasikan bahwa selulosa yang dimodifikasi lebih efektif dalam menyerap minyak. Dengan demikian, modifikasi selulosa akan memperluas kemampuannya dalam aplikasi praktis, seperti dalam pemisahan minyak dan air.



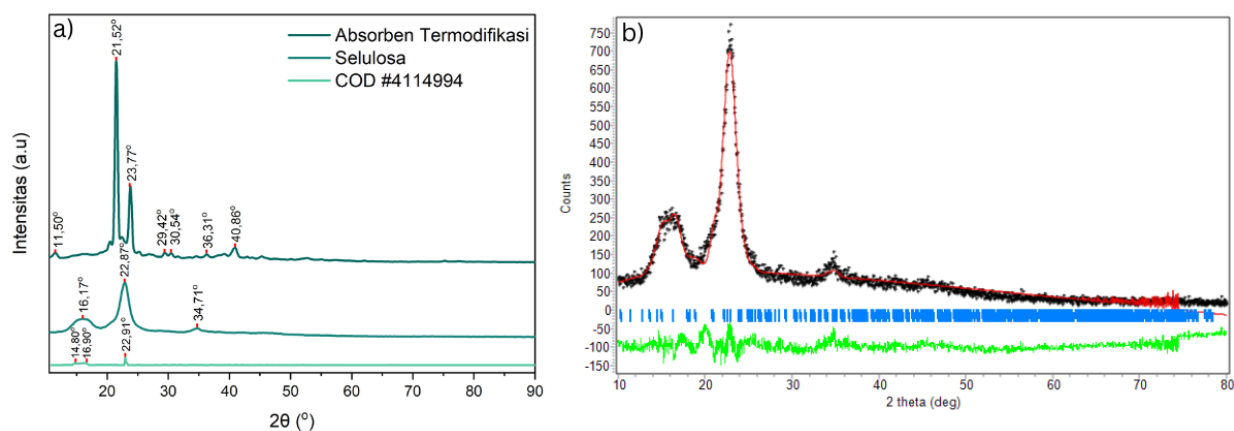
Gambar 3. Mekanisme Reaksi Esterifikasi antara Selulosa dengan Asam Stearat

Difraksi sinar-X dari selulosa limbah popok bayi pada **Gambar 4 a)**. menunjukkan 3 puncak dominan yaitu $16,17^\circ$; $22,87^\circ$; dan $34,71^\circ$. Di antara puncak-puncak tersebut, puncak $22,87^\circ$ merupakan puncak dengan intensitas tertinggi yang merupakan karakteristik dari selulosa. Puncak ini sesuai

dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Wu *et al.* dan Duc *et al.* [26], [35]. Selain itu, puncak $22,87^\circ$ juga sejalan dengan data yang terdapat dalam *Crystallography Open Database* (COD) #4114994, yang menunjukkan puncak pada $14,80^\circ$; $16,90^\circ$; dan $22,91^\circ$. Hal ini mengindikasikan bahwa

proses pemisahan selulosa telah berhasil dilakukan karena memiliki kesamaan struktur kristal dengan selulosa yang terdaftar dalam *database* COD. Hasil *refinement* menggunakan rietica diperoleh nilai *Profile R-factor* (Rp), *Weight Profile R-factor* (Rwp), dan *Goodness of Fit* (GOF) berturut-turut sebesar 12,50; 8,46; dan 0,296. Hasil tersebut menunjukkan kecocokan antara selulosa hasil pemisahan dengan selulosa pada COD karena nilai Rp & Rwp <20, dan GOF <4 yang serupa dengan penelitian terdahulu [36], [37].

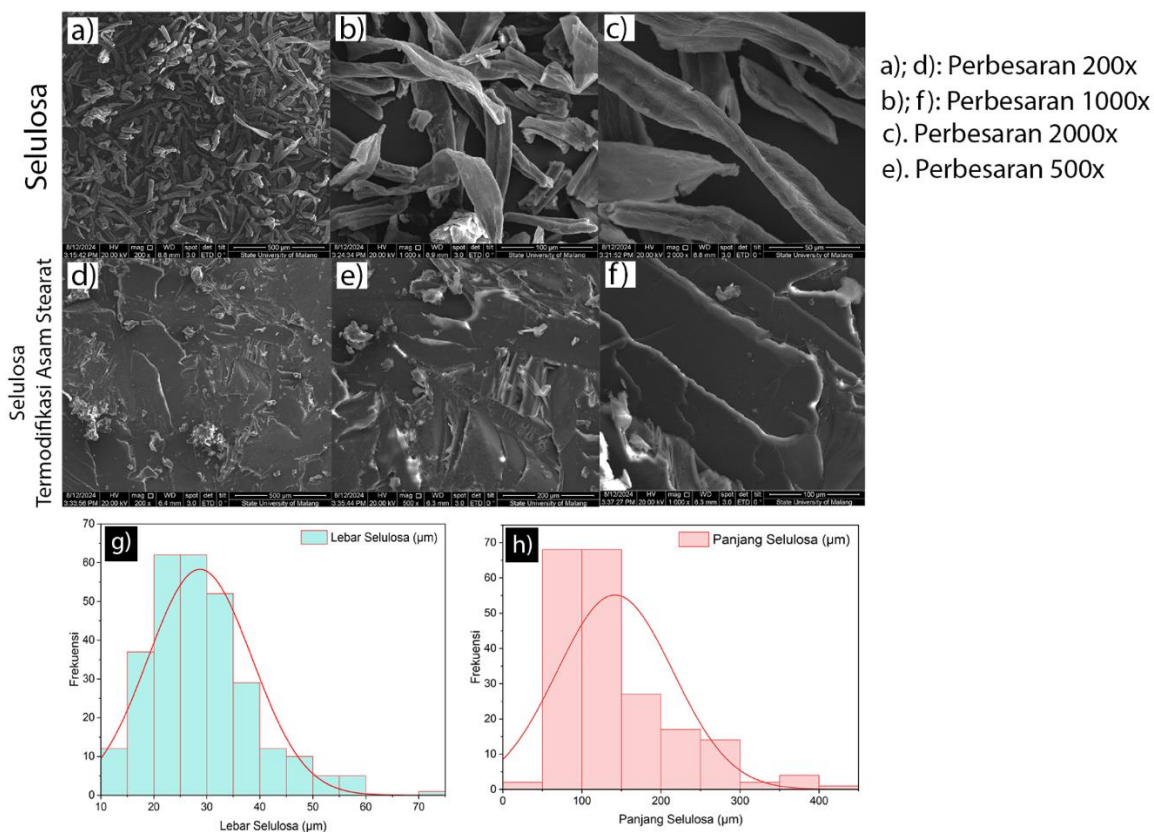
Selulosa yang diperoleh tergolong mikrokristalin karena memiliki kristalinitas sebesar 68,08% sesuai dengan penelitian dari Haldar & Purkait [38] dan memiliki ukuran kristal sebesar 3,606 nm; 4,954 nm; dan 3,262 nm dengan rata-rata 3,941 nm. Difraksi sinar-X dari absorben termodifikasi menunjukkan 7 puncak yaitu 11,50°; 21,52°; 23,77°; 29,42°; 30,54°; 36,31°; dan 40,86°. Dimana puncak 21,52° dan 36,31° merupakan karakteristik dari asam stearat sesuai dengan penelitian Wu *et al.* [35].



Gambar 4. a). Spektra XRD Selulosa dan Absorben Termodifikasi Asam Stearat dan b). Hasil Refinement Selulosa Menggunakan Rietica

Difraksi sinar-X pada absorben termodifikasi tidak terdapat puncak-puncak khas selulosa, hal tersebut menunjukkan bahwa permukaan selulosa telah tertutup sepenuhnya oleh asam stearat. Analisis morfologi permukaan absorben (selulosa) termodifikasi memperkuat temuan ini, seperti

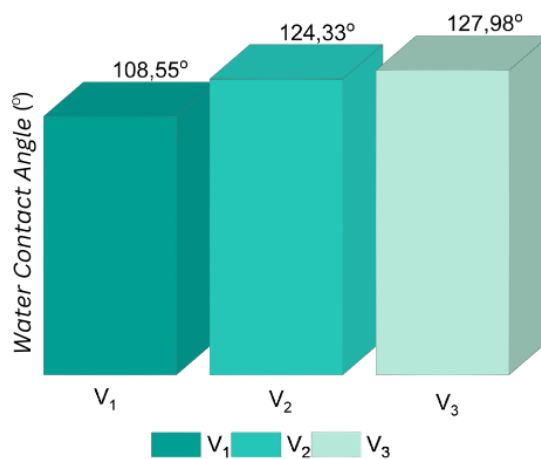
yang ditunjukkan pada **Gambar 5** d-f). Absorben termodifikasi memiliki kristalinitas sebesar 46,36% dengan ukuran kristal sebesar 27,939 nm; 40,256 nm; 35,059 nm; 31,020 nm; 33,649 nm; 30,020 nm; 34,846 nm dengan rata-rata ukuran kristal 33,256 nm.



Gambar 5. a-c). Hasil SEM Selulosa dan d-f). Absorben Termodifikasi Asam Stearat, serta g-h). Lebar dan Panjang Partikel Selulosa

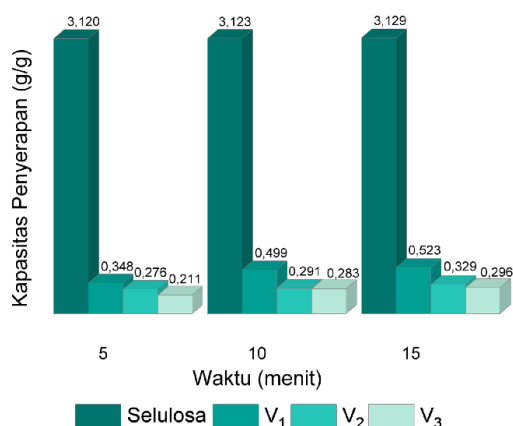
Selulosa yang diperoleh dari proses pemisahan memiliki bentuk lembaran panjang yang tipis dengan lebar dan panjang rata-rata sebesar 26,68 μm , dan 104,92 μm . Distribusi panjang dan lebar selulosa dapat dilihat pada **Gambar 5** g-h). Modifikasi selulosa dengan asam stearat memberikan perubahan yang jelas pada morfologi permukaan selulosa. Selulosa termodifikasi menunjukkan permukaan yang lebih kasar dan kompleks dibandingkan dengan selulosa [28]. Hal ini diindikasikan oleh adanya lapisan agregat asam stearat sehingga menciptakan struktur

yang lebih kompleks. Dibandingkan dengan selulosa, selulosa termodifikasi asam stearat memiliki struktur yang rapat.



Gambar 6. Hasil Pengujian *Water Contact Angle* (WCA)

Pengujian WCA bertujuan untuk mengetahui sifat hidrofobik yang dimiliki oleh absorben termodifikasi, nilai WCA dapat dilihat pada **Gambar 6**. Seluruh variasi dalam penelitian ini menunjukkan besar sudut lebih dari 90° sehingga dapat dikategorikan sebagai hidrofobik. Dengan demikian, suatu permukaan dianggap hidrofobik jika memiliki nilai WCA lebih dari 90° [39], [40]. Pada penelitian ini, penambahan konsentrasi asam stearat akan menghasilkan nilai WCA yang lebih tinggi sehingga menyebabkan peningkatan sifat hidrofobik pada absorben.

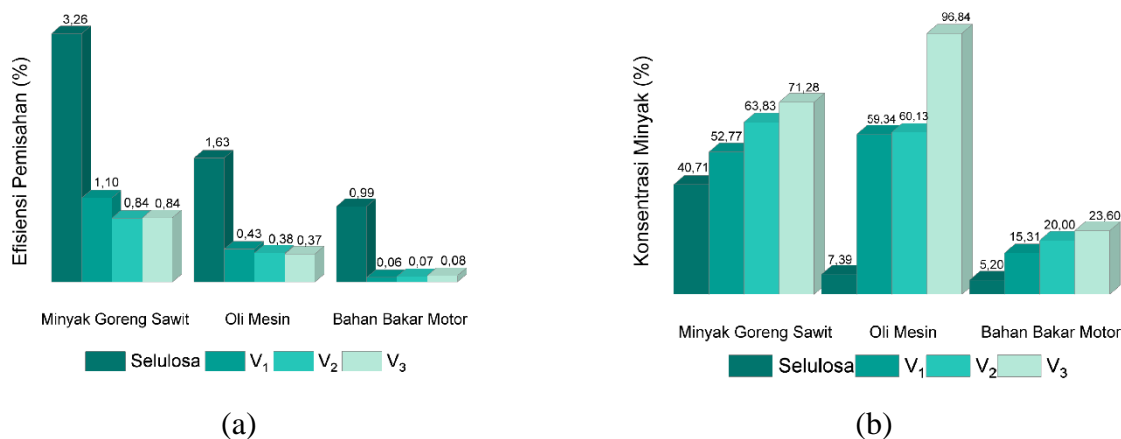


Gambar 7. Perbandingan Kapasitas Penyerapan Selulosa dan Absorben Termodifikasi Asam Stearat

Uji perbandingan kapasitas penyerapan selulosa dan absorben dinyatakan dalam kapasitas penyerapan (g/g) untuk mengetahui perbandingan hasil penyerapan minyak antara selulosa dan absorben yang dimodifikasi. Selanjutnya, dilakukan uji efisiensi pemisahan minyak antara selulosa dan absorben

termodifikasi untuk menilai efektivitas penyerapan minyak. Selain itu, pengukuran konsentrasi minyak yang terserap bertujuan untuk mengetahui selektivitas terhadap minyak oleh absorben.

Dalam penelitian ini, selulosa berfungsi sebagai material penyerap, sedangkan asam stearat memberikan sifat hidrofobik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kapasitas penyerapan meningkat seiring bertambahnya waktu kontak, yang berarti semakin lama absorben berinteraksi dengan minyak, semakin banyak minyak yang dapat diserap berbanding lurus dengan penelitian Vega-Hernández *et al.* [41]. Namun demikian, penambahan asam stearat memberikan dampak negatif yang menyebabkan penurunan kapasitas penyerapan dan efisiensi pemisahan. Penurunan ini dapat disebabkan oleh perbandingan yang terlalu besar antara selulosa dan asam stearat dalam tiap gram sampel uji. Pada setiap variasi absorben, perbandingan yang digunakan adalah 1:5, 1:6, dan 1:7 b/b, sehingga semakin tinggi variasi tersebut, jumlah selulosa dalam tiap gram absorben akan semakin berkurang. Sehingga semakin banyak asam stearat yang digunakan, akan menurunkan kapasitas penyerapan dan efisiensi pemisahan, namun meningkatkan nilai WCA yang menyebabkan peningkatan selektivitas terhadap minyak seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 7 dan 8**.



Gambar 8. Perbandingan efisiensi pemisahan (a) serta Konsentrasi Minyak (b) Selulosa dan Absorben Termodifikasi Asam Stearat

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemisahan selulosa dari limbah popok bayi menggunakan asam nitrat dan asam asetat menghasilkan rendemen sebesar 87% per 3 gram SAP. Modifikasi selulosa dengan asam stearat menghasilkan nilai *Water Contact Angle* (WCA) untuk variasi V₁, V₂, dan V₃ masing-masing sebesar 108,552°, 124,327°, dan 127,980° yang mengkonfirmasi sifat hidrofobik. Permukaan selulosa yang bersifat hidrofobik menyebabkan peningkatan selektivitas terhadap zat yang memiliki karakter oleofilik. Absorben hidrofobik termodifikasi memiliki kapasitas penyerapan sebesar 3,129 g/g, 0,523 g/g, 0,329 g/g, 0,296 g/g untuk selulosa, V₁, V₂ dan V₃ dengan efisiensi pemisahan masing-masing 0,43%, 0,38%, 0,37% pada oli mesin yang lebih rendah dibandingkan dengan selulosa yang mencapai 1,63%. Namun, konsentrasi minyak

yang terserap pada parameter uji oli mesin yaitu 59,34%, 60,13%, 96,84% lebih tinggi dibandingkan dengan selulosa yang hanya 7,39%. Variasi yang paling unggul berdasarkan nilai WCA dan konsentrasi minyak yang terserap adalah V₃. Modifikasi selulosa meningkatkan kemampuan selulosa dalam menyerap minyak sehingga dapat diaplikasikan dalam pemisahan minyak dari air dan menjadikannya solusi yang ramah lingkungan serta berkelanjutan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan (Belmawa), Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) atas dana hibah pada Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) Tahun 2024 (Kemendikbudristek perihal Pendanaan PKM 8 Bidang Tahun 2024 No:

2546/E2/DT.01.00/2024, 19 April 2024), dan Universitas Palangka Raya sebagai pemberi dana bantuan dalam penelitian ini. Terima kasih kepada Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), serta Laboratorium Kimia Dasar Pusat Pengembangan Iptek dan Inovasi Gambut (PPIIG) Universitas Palangka Raya atas dukungan dan fasilitas yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, *Statistik Minyak dan Gas Bumi 2022*. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2022.
- [2] S. Rahmawati, R. K. Agustini, and A. Efridadewi, "Analisis Dampak Serta Penanggulangan Tumpahan Minyak di Perairan Bintan," *Aufklarung: Jurnal Pendidikan*, vol. 3, no. 4, 2023, [Online]. Available: <http://pijarpemikiran.com/index.php/Aufklarung>
- [3] I. Magiopoulos *et al.*, "Is in-situ burning an acceptable mitigation option after a major oil spill? Impact on marine plankton," *Science of the Total Environment*, vol. 955, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.scitotenv.2024.177249.
- [4] Z. Liu and U. Callies, "Implications of using chemical dispersants to combat oil spills in the German Bight – Depiction by means of a Bayesian network," *Environmental Pollution*, vol. 248, pp. 609–620, May 2019, doi: 10.1016/j.envpol.2019.02.063.
- [5] A. Kumar, D. Kumar, S. Rani, B. S. Butola, B. Nandan, and R. K. Srivastava, "Cellulosic supergel for oil and water dual absorption and remediation," *Int J Biol Macromol*, vol. 283, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.137943.
- [6] N. H. Sari, Suteja, and S. Hidayatullah, *Pengantar Inhibitor Korosi Alami*, vol. 1. Deepublish, 2021.
- [7] W. Liao and Y.-Z. Wang, "Cellulose-Based Absorbents for Oil Contaminant Removal," in *Mondal, M. (eds) Cellulose-Based Superabsorbent Hydrogels. Polymers and Polymeric Composites: A Reference Series*. Springer, Cham, 2019, pp. 951–977. doi: 10.1007/978-3-319-77830-3_31.
- [8] Z. Waheed *et al.*, "Biowaste rice husk derived cellulosic hydrogel incorporating industrial cotton waste nonwoven for wound dressing," *Int J Biol Macromol*, vol. 281, Nov. 2024, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2024.136412.

- [9] P. P. Dyah Kencana Wulan, Ismojo, Khumaeroh, A. N. Syabila, A. S. Handayani, and Ratnawati, "Sustainable extraction of cellulose nanocrystals from empty palm oil bunches via low-acid hydrolysis," *Results in Engineering*, vol. 24, Dec. 2024, doi: 10.1016/j.rineng.2024.103012.
- [10] A. C. F. Louis and S. Venkatachalam, "Energy efficient process for valorization of corn cob as a source for nanocrystalline cellulose and hemicellulose production," *Int J Biol Macromol*, vol. 163, pp. 260–269, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.06.276.
- [11] R. Pratiwi, D. Rahayu, and M. I. Barliana, "Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (*Oryza sativa*) sebagai Bahan Bioplastik," *IJPST*, vol. 3, no. 3, 2016.
- [12] P. X. Sotelo-Navarro, H. M. Poggi-Varaldo, S. J. Turpin-Marion, A. Vázquez-Morillas, M. Beltrán-Villavicencio, and R. M. Espinosa-Valdemar, "Biohydrogen production from used diapers: Evaluation of effect of temperature and substrate conditioning," *Waste Management and Research*, vol. 35, no. 3, pp. 267–275, Mar. 2017, doi: 10.1177/0734242X16677334.
- [13] C. Trilokesh, P. Bavadharani, M. Mahapriyadarshini, R. Janani, and K. B. Uppuluri, "Recycling Baby Diaper Waste into Cellulose and Nanocellulose," *Waste Biomass Valorization*, vol. 12, no. 8, pp. 4299–4306, Aug. 2021, doi: 10.1007/s12649-020-01312-x.
- [14] S. C. Khoo, X. Y. Phang, C. M. Ng, K. L. Lim, S. S. Lam, and N. L. Ma, "Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 123, pp. 116–129, Mar. 2019, doi: 10.1016/j.psep.2018.12.016.
- [15] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Peraturan Menteri Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia Tentang Tata Cara dan Persyaratan Teknis Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun dari Fasilitas Pelayanan Kesehatan," Peraturan Menteri Lingkungan dan Kehutanan Republik Indonesia No. 56/2015. Accessed: Dec. 06, 2024. [Online]. Available: <https://jdih.menlhk.go.id/new2/permenlhk>
- [16] M. Q. Chau, T. T. Truong, A. T. Hoang, and T. H. Le, "Oil spill cleanup by raw cellulose-based absorbents: a green and

- sustainable approach,” *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 2021, doi: 10.1080/15567036.2021.1928798.
- [17] C. O. Asadu, E. C. Anthony, O. C. Elijah, I. S. Ike, O. E. Onoghwarite, and U. E. Okwudili, “Development of an adsorbent for the remediation of crude oil polluted water using stearic acid grafted coconut husk (*Cocos nucifera*) composite,” *Applied Surface Science Advances*, vol. 6, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.apsadv.2021.100179.
- [18] W. Zhang *et al.*, “Flexible multifunctional polydimethylsiloxane composites with segregated structure fabricated by hydrophobic interaction for efficient electromagnetic interference shielding,” *J Mater Sci Technol*, Sep. 2024, doi: 10.1016/j.jmst.2024.08.059.
- [19] Y. S. Lee *et al.*, “Surface modification of expanded polytetrafluoroethylene to reinforced composite membranes for proton exchange membrane fuel cells,” *Appl Surf Sci*, vol. 671, Oct. 2024, doi: 10.1016/j.apsusc.2024.160728.
- [20] A. Örn, “Degradation studies on polydimethylsiloxane,” Master Thesis, Åbo Akademi University, 2019. Accessed: Dec. 29, 2024. [Online]. Available: https://www.doria.fi/bitstream/10024/169311/2/orn_anton.pdf
- [21] A. Nag *et al.*, “Tribochemical Degradation of Polytetrafluoroethylene in Water and Generation of Nanoplastics,” *ACS Sustain Chem Eng*, vol. 7, no. 21, pp. 17554–17558, Nov. 2019, doi: 10.1021/acssuschemeng.9b03573.
- [22] S. S. L. Sobhana, X. Zhang, L. Kesavan, P. Liias, and P. Fardim, “Layered double hydroxide interfaced stearic acid – Cellulose fibres: A new class of superhydrophobic hybrid materials,” *Colloids Surf A Physicochem Eng Asp*, vol. 522, pp. 416–424, Jun. 2017, doi: 10.1016/j.colsurfa.2017.03.025.
- [23] Q. Chen, Y. Shi, G. Chen, and M. Cai, “Enhanced mechanical and hydrophobic properties of composite cassava starch films with stearic acid modified MCC (microcrystalline cellulose)/NCC (nanocellulose) as strength agent,” *Int J Biol Macromol*, vol. 142, pp. 846–854, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2019.10.024.
- [24] L. Qin *et al.*, “A bioinspired, strong, all-natural, superhydrophobic cellulose-based straw,” *Int J Biol Macromol*, vol. 220, pp. 910–919, Nov. 2022, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2022.08.118.

- [25] C. Chen *et al.*, “Conversion of superhydrophilicity to superhydrophobicity by changing the microstructure of carbon-high fly ash,” *Mater Lett*, vol. 299, Sep. 2021, doi: 10.1016/j.matlet.2021.130051.
- [26] N. T. Duc, N. T. Tung, P. T. T. Ha, L. D. Giang, D. X. Duc, and N. T. Son, “A Novel Oil Sorbent Based on Butyl Acrylate Grafting onto Cellulose of Disposable Diaper,” *Iranian Journal of Science*, vol. 47, no. 5–6, pp. 1517–1529, Dec. 2023, doi: 10.1007/s40995-023-01543-2.
- [27] A. S. Norfarhana, R. A. Ilyas, N. Ngadi, and M. Hafiz Dzarfan Othman, “Optimization of ionic liquid pretreatment of sugar palm fiber for cellulose extraction,” *J Mol Liq*, vol. 398, Mar. 2024, doi: 10.1016/j.molliq.2024.124256.
- [28] I. R. S. Daulay *et al.*, “Preparation of superhydrophobic biomedical pulp from rice straw coated with a stearic acid-cellulose composite,” *Bioresour Technol Rep*, vol. 25, Feb. 2024, doi: 10.1016/j.biteb.2024.101781.
- [29] M. I. Mauliana, Y. Findawati, and G. R. Hanum, “The Effect of Carbon on Chitosan-ZnO Composites as Fabric Mask Coating Materials,” *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, vol. 20, no. 2, pp. 140–146, Nov. 2023, doi: 10.31851/sainmatika.v20i2.12651.
- [30] D. V. Wellia, F. Alvionita, and S. Arief, “Sintesis Permukaan Kaca Hidrofobik melalui Kombinasi TiO₂/Asam Stearat untuk Aplikasi Material Self-Cleaning,” *Journal of Research and Education Chemistry*, vol. 2, no. 1, p. 12, May 2020, doi: 10.25299/jrec.2020.vol2(1).4800.
- [31] N. Lv, X. Wang, S. Peng, L. Luo, and R. Zhou, “Superhydrophobic/superoleophilic cotton-oil absorbent: Preparation and its application in oil/water separation,” *RSC Adv*, vol. 8, no. 53, pp. 30257–30264, 2018, doi: 10.1039/c8ra05420g.
- [32] S. Amaliyah, S. Prasetyawan, D. Mardiana, and A. Roosdiana, “Enzymatic Synthesis and Characterization of Cellulose Stearate Ester from Bacterial Cellulose and Stearic Acid Using Immobilized Lipase,” *Molekul*, vol. 11, no. 2, p. 256, Nov. 2016, doi: 10.20884/1.jm.2016.11.2.225.
- [33] F. Kuznik, K. Johannes, C. Obrecht, and D. David, “A review on recent developments in physisorption thermal energy storage for building

- applications,” Oct. 01, 2018, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.rser.2018.06.038.
- [34] A. A. F. and R. S. N. Zoolfakar Md Redzuan and Mohd Ruseli, “Natural Oleophilic Materials Study for Oil Pollution at Estuaries,” in *Advanced Materials and Engineering Technologies*, W. M. and Ö. A. Ismail Azman and Dahalan, Ed., Cham: Springer International Publishing, 2022, pp. 107–118. doi: 10.1007/978-3-030-92964-0_11.
- [35] S. Wu, Z. Tang, Z. Jiang, Z. Yu, and L. Wang, “Preparation and characterization of hydrophobic cotton fiber for water/oil separation by electroless plating combined with chemical corrosion,” *International Research Journal of Public and Environmental Health*, vol. 2, no. 10, pp. 144–150, 2015, doi: 10.15739/irjpeh.032.
- [36] E. H. Sujiono, V. Zharvan, S. A. Poetra, M. Muchtar, A. M. Idris, and M. Y. Dahlan, “Structure identification of $\text{Nd}_{1-x}\text{YbxFeO}_3$ ($x = 0.01, 0.05$ and 0.10) using Rietveld refinement method,” in *Materials Today: Proceedings*, Elsevier Ltd, 2020, pp. 3381–3384. doi: 10.1016/j.matpr.2020.11.850.
- [37] E. Hadi Sujiono *et al.*, “ $\text{Nd}(\text{Fe})_0.3\text{Ba}_{1.7}\text{Cu}_3\text{O}_{7-\delta}$ Oxide Material Crystal Structure and Morphological Analysis,” *Mater Today Proc*, vol. 13, no. 1, pp. 264–269, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.03.225>.
- [38] D. Haldar and M. K. Purkait, “Micro and nanocrystalline cellulose derivatives of lignocellulosic biomass: A review on synthesis, applications and advancements,” Dec. 15, 2020, *Elsevier Ltd.* doi: 10.1016/j.carbpol.2020.116937.
- [39] K. Y. Law, “Definitions for hydrophilicity, hydrophobicity, and superhydrophobicity: Getting the basics right,” *Journal of Physical Chemistry Letters*, vol. 5, no. 4, pp. 686–688, Feb. 2014, doi: 10.1021/jz402762h.
- [40] P. Dimitrakellis and E. Gogolides, “Hydrophobic and superhydrophobic surfaces fabricated using atmospheric pressure cold plasma technology: A review,” *Adv Colloid Interface Sci*, vol. 254, pp. 1–21, Apr. 2018, doi: 10.1016/j.cis.2018.03.009.
- [41] M. Á. Vega-Hernández *et al.*, “Effect of teak wood lignocellulose pretreatment on the performance of cellulose-graft-(net-poly(acrylamide-co-acrylic acid))

for water absorption and dye removal,”
Int J Biol Macromol, vol. 274, Aug.

2024,

10.1016/j.ijbiomac.2024.133482.

doi: