

Available online at: <http://inventory.poltekatiptdg.ac.id/>

INVENTORY

Industrial Vocational E-Journal on Agroindustry

| ISSN Online 2723-1895 |



Studi Potensi Industri Selulosa Nanokristalin dari Tandan Kosong Kelapa Sawit di Indonesia: Analisis SWOT dan Lokasi Pabrik

Maria Isfus Senjawati ¹, Maryam ^{1*}, Khairul Akli ², Khairun Nadiyah ¹

¹ Program Studi Teknik Industri Agro, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang Tabing, Padang, 25171, Indonesia

² Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang Tabing, Padang, 25171, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: March 13, 2025

Revised: April 28, 2025

Accepted: May 01, 2025

Available Online: May 04, 2025

KEYWORDS

Bioprocess Technology, Palm Empty Fruit Bunches, Factory Location, Nanocrystalline Cellulose

CORRESPONDENCE*

Name: Maryam

E-mail: maryam.atip@gmail.com

ABSTRACT

Oil palm empty fruit bunches (OPEFB), comprising 25-26% of fresh fruit bunches, contain up to 38.70% cellulose, making them a promising raw material for nanocrystalline cellulose (NCC) production. Bioprocess technology for producing NCC from OPEFB has been developed, with potential for industrial-scale application. This research analyzes potential factory locations for NCC production in the Sumbar-Riau region, Indonesia, using the value assessment method and complemented by SWOT, IFE, and EFE analyses. The assessment involved a team of 13 experts from the palm oil industry, including senior management from five different palm oil companies, who contributed to assessment through a Focus Group Discussion (FGD). The Kampar area in Riau was identified as the optimal location, scoring 82 out of 100, based on factors like raw material availability, market access, infrastructure, and labor. The SWOT analysis, supported by IFE (2.05) and EFE (2.65) scores, places Kampar in the S-O strategy quadrant, indicating a strong internal position and significant external opportunities. The recommended location in Kampar, with a production capacity of 2,000 tons/year, offers strategic advantages for NCC production. These results provide valuable insights for stakeholders, including investors, government, and industry, for developing the NCC industry in Indonesia, particularly in the Sumbar-Riau region.

PENDAHULUAN

Persaingan global dalam merebut pangsa pasar industri semakin meningkat di era transformasi ekonomi dunia, termasuk di Indonesia. Salah satu sektor unggulan Indonesia adalah industri kelapa sawit, yang memiliki kontribusi besar terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional dan berpotensi kuat dalam pasar ekspor [1]. Kalimantan dan Sumatra merupakan dua dari lima pulau besar yang menjadi pusat konsentrasi produksi kelapa sawit di Indonesia. Pulau Sumatra dan Kalimantan merupakan pusat utama produksi kelapa sawit, di mana provinsi-provinsi penghasil utama di kedua wilayah tersebut menyumbang lebih dari dua pertiga total produksi kelapa sawit Indonesia pada tahun 2022 [2].

Pengolahan kelapa sawit menghasilkan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam jumlah melimpah. Jumlah TKKS mencapai 25-26% dari tandan buah segar yang diproses. Menurut [3], TKKS ini merupakan sumber selulosa yang dapat digunakan sebagai alternatif, dengan kandungan selulosa mencapai 90,33 %. Selama ini, TKKS banyak dimanfaatkan sebagai pupuk untuk meningkatkan hasil perkebunan [4]. Namun, karena memiliki kadar air yang tinggi, penggunaan TKKS dapat menyebabkan suhu pembakaran yang rendah dan menurunkan efisiensi energi [5]. TKKS ini juga dapat diproses menjadi karbon aktif dengan aktivasi fisik [6]. Selain itu, TKKS dapat digunakan sebagai bahan baku bernilai tinggi [7], juga sebagai bio-briket dengan campuran 25:75 antara TKKS dan cangkang kelapa sawit dengan nilai kalor yang memenuhi SNI [8]. Lebih lanjut, TKKS dapat diolah menjadi bahan baku nanokristalin

selulosa (NCC) karena kandungan selulosanya yang cukup tinggi [9].

NCC adalah material berukuran nano yang terbuat dari selulosa, dengan diameter 1-100 nm dan berbentuk memanjang dengan luas permukaan 500-2000 nm serta memiliki banyak gugus hidroksil [10]. NCC dapat berbentuk kristal dan serat serta dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan obat yang selama ini masih diimpor ke Indonesia, sehingga harga obat relatif tinggi [11]. NCC sendiri merupakan produk selulosa yang banyak diteliti karena sifat mekanik dan kimianya yang dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti di sektor industri makanan dan minuman, kosmetik, farmasi, kemasan, dan elektronik [12]. Penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan teknologi proses yang ramah lingkungan (bioproses) dengan memanfaatkan jamur pelapuk putih dan enzim selulase dalam pembuatan NCC dari TKKS [9].

Selain pendekatan bioproses, studi sebelumnya [13], [14] dan [15] menunjukkan bahwa NCC dari limbah lignoselulosa seperti TKKS memiliki performa tinggi sebagai penguat dalam biokomposit dan potensial menggantikan bahan sintesis dalam berbagai industri. Penelitian oleh Yudianti [16] juga menunjukkan potensi NCC untuk aplikasi berkelanjutan dalam kemasan *biodegradable* dan biosensor, sehingga memperkuat urgensi pengembangannya di negara-negara produsen biomassa seperti Indonesia.

Pada tahun 2015, kebutuhan NCC di pasar mencapai 13.780 ton dengan pengeluaran sebesar 65,0 juta USD [17]. Diperkirakan pada tahun 2022, kebutuhan NCC meningkat dengan pengeluaran mencapai 610,0 juta USD karena harga NCC yang sangat tinggi, yaitu 877 USD per kilogram [18]. Data konsumsi atau potensi nanokristalin selulosa (NCC) di dunia [19] dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Potensi Pasar Nanokristalin Selulosa (NCC) di Dunia

Sektor Industri	Ukuran Pasar (Juta ton)	Potensi Pasar Nanokristalin Selulosa (Ribu ton)	Potensi NCC (%)	Potensi Pasar NCC (Ribu ton)
Kertas dan karton	400	20.000	5	10
Cat dan pelapis	40	800	95	38
Komposit	9	180	95	9
Film dan penghalang	9,67	193	100	10
Eksipien	4.6	92	90	4
Tekstil alami	34,5	690	100	35
Tekstil buatan	56.3	1.126	100	56
Semen	15	75	95	4
Minyak dan gas	17,5	175	90	8
Nonwoven	7	140	100	7
Perekat	4	80	95	4
Total		23.551		185

Sumber: [18]

Dari tabel di atas, terdapat potensi pasar NCC yang sangat besar di pasar global, yaitu 185.000 ton. Saat ini, Indonesia belum mengeksport nanokristalin selulosa karena kebutuhan NCC di Indonesia masih bergantung pada impor dan belum ada pabrik yang memproduksi NCC di Indonesia. Data impor NCC di Indonesia yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) ditunjukkan pada Tabel 2.

Indonesia merupakan salah satu negara yang membutuhkan NCC, namun belum ada pabrik NCC yang berdiri di Indonesia sehingga nilai produksi nanokristalin selulosa di Indonesia saat ini masih nol. Pada tahun 2025 kebutuhan impor diperkirakan mencapai 6.653,54 ton/tahun. Kapasitas produksi pabrik yang dirancang hanya mengambil sekitar 30% peluang pasar yaitu 2.000 ton/tahun.

Tabel 2. Data Impor Nanokristalin Selulosa

Tahun	Jumlah (kg)
2014	2.518.190
2015	2.825.273
2016	3.239.345
2017	3.471.275
2018	4.269.139
2019	4.259.762

Sumber: [20]

Perkebunan kelapa sawit di Indonesia tersebar di 25 provinsi. Riau merupakan provinsi dengan luas perkebunan kelapa sawit terbesar di Indonesia, yaitu 2,86 juta hektare pada tahun 2020 atau 19,62% dari total luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia [21]. Sementara itu, wilayah Sumatera Barat memiliki luas perkebunan

kelapa sawit sebesar 435.304 hektare [22]. Oleh karena itu, ketersediaan TKKS sebagai bahan baku NCC sangat melimpah di Indonesia, khususnya di provinsi Riau dan Sumatera Barat.

Meskipun tidak sebesar Riau, Sumatera Barat memiliki luas perkebunan kelapa sawit yang cukup signifikan dan berpotensi menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dalam jumlah besar. Potensi ini belum banyak dimanfaatkan secara optimal, khususnya untuk industri hilir seperti produksi Nanokristalin Selulosa (NCC). Selain itu, hingga saat ini belum terdapat industri NCC yang berkembang di wilayah tersebut, sehingga peluang untuk pengembangan industri baru masih terbuka lebar.

Namun, hingga saat ini, pengembangan industri berbasis selulosa di Indonesia masih terfokus pada pulp dan kertas. Hal ini menciptakan celah yang cukup besar antara potensi biomassa dan realisasi nilai tambah produk selulosa canggih di Indonesia. Adapun pertimbangan yang dilakukan dalam menentukan kapasitas pabrik yaitu:

1. Dalam rangka memenuhi kebutuhan nanoselulosa dan belum ada pabrik nanokristal selulosa di Indonesia.
2. Adanya bahan baku (tandan kosong kelapa sawit) yang melimpah sehingga dapat digunakan untuk memproduksi nanokristal selulosa.
3. Banyaknya peluang bagi pasar nanokristal selulosa pada masa mendatang.
4. Dapat mengurangi limbah tandan kosong kelapa sawit di Riau.

Pemilihan lokasi pabrik merupakan topik yang telah banyak diteliti, namun belum banyak penelitian yang membahas pemilihan lokasi pabrik untuk industri berbasis selulosa, terutama nanokristalin selulosa. Beberapa penelitian sebelumnya, seperti yang dilakukan oleh [23], [24], [25], lebih banyak fokus pada lokasi pabrik untuk industri lainnya seperti manufaktur atau pengolahan kelapa sawit, namun tidak mengarah pada pemilihan lokasi pabrik NCC.

Penelitian ini mengisi gap yang ada dengan mengembangkan pendekatan baru dalam pemilihan lokasi pabrik NCC menggunakan metode penilaian hasil value yang dilengkapi dengan analisis SWOT, IFE, dan EFE untuk menentukan lokasi optimal. Selain itu, pemilihan wilayah Sumatera Barat sebagai bagian dari objek penelitian berlandaskan pada ketersediaan bahan baku yang melimpah dan potensi pasar NCC yang besar di wilayah tersebut. Dengan menggunakan analisis yang lebih komprehensif, penelitian ini bertujuan untuk memberikan panduan lebih rinci kepada para pemangku

kepentingan, seperti pemerintah, investor, dan pelaku industri, dalam pengembangan industri NCC di Indonesia.

Kajian finansial produksi NCC dari TKKS telah dilakukan dalam penelitian [26] dengan hasil industri ini layak dan menguntungkan untuk didirikan. Hal inilah yang mendorong peneliti untuk melakukan studi lanjutan terkait pemilihan lokasi pabrik nanokristalin selulosa dari tandan kosong kelapa sawit dengan menggunakan teknologi bioproses di provinsi Sumatera Barat dan Riau. Hasil penelitian ini diharapkan bisa memberikan informasi kepada stakeholders terkait seperti investor, pemerintah dan industri mengenai peluang pengembangan industri nanokristal selulosa dari tandan kosong kelapa sawit di Indonesia.

METODOLOGI

Pemilihan lokasi terbaik dilakukan dengan pertimbangan yang cermat. Terdapat dua langkah utama yang harus dilakukan dalam menentukan lokasi pabrik yang tepat, yaitu pemilihan wilayah secara umum dan pemilihan berdasarkan jumlah populasi [27]. Salah satu cara untuk menilai lokasi pabrik atau industri adalah dengan menggunakan metode penilaian hasil value (*value method*) [28].

Metode penilaian hasil atau *value method* adalah pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi alternatif lokasi berdasarkan sejumlah kriteria terukur. Setiap kriteria memiliki bobot sesuai tingkat kepentingannya, dan skor akhir diperoleh dengan menjumlahkan nilai tertimbang dari masing-masing kriteria. Tahapan metode ini meliputi:

1. Penentuan alternatif lokasi,
2. Identifikasi dan pemilihan kriteria,
3. Penentuan bobot kriteria menggunakan penilaian pakar,
4. Penilaian alternatif terhadap masing-masing kriteria,
5. Perhitungan nilai total dan pemilihan lokasi dengan skor tertinggi

Skor diperoleh berdasarkan kuesioner yang diberikan kepada tim yang terdiri dari 13 pakar melalui *Focus Group Discussion* (FGD). Responden terdiri dari 13 orang pakar yang merupakan manajer senior dan kepala bagian operasional dari lima perusahaan kelapa sawit terkemuka di Provinsi Riau dan Sumatera Barat. Para pakar dipilih berdasarkan kriteria pengalaman minimal 10 tahun di bidang manajemen logistik, produksi, atau pengembangan industri kelapa sawit. FGD dilaksanakan sebanyak dua kali, masing-masing berdurasi 2–3 jam, dengan agenda pembobotan dan pemberian skor terhadap

kriteria lokasi seperti: kedekatan dengan bahan baku, aksesibilitas ke pasar, kemudahan transportasi, dan ketersediaan sumber daya manusia yang andal [29]. Oleh karena itu, faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam metode penilaian hasil mencakup pasar, bahan baku, transportasi, tenaga kerja, dan pertimbangan lainnya.

Semua faktor ini akan diberikan skor atau nilai melalui kuesioner dalam FGD yang telah dilakukan. Lokasi terbaik untuk mendirikan pabrik atau industri akan ditentukan berdasarkan nilai tertinggi yang diperoleh. Setelah dianalisis menggunakan metode penilaian hasil, hasilnya akan diperkuat dengan analisis SWOT.

Menurut [30] SWOT adalah penilaian komprehensif terhadap kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dari suatu perusahaan. Metode SWOT bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai faktor secara sistematis agar dapat merumuskan semua strategi yang akan dihadapi oleh perusahaan. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan dan peluang serta secara bersamaan meminimalkan kelemahan dan ancaman. Namun, karena SWOT bersifat kualitatif, maka untuk meningkatkan akurasi analisis, dilakukan pula pendekatan kuantitatif dengan menggunakan matriks IFE (*Internal Factor Evaluation*) dan EFE (*External Factor Evaluation*). Dalam analisis IFE dan EFE, setiap faktor internal dan eksternal yang telah diidentifikasi diberi bobot dan rating, kemudian dihitung skor total untuk menentukan kekuatan dan kelemahan relatif dari alternatif lokasi. IFE mengukur faktor kekuatan dan kelemahan, sedangkan EFE menilai peluang dan ancaman dari lingkungan eksternal. Metode ini memungkinkan pemetaan posisi strategis lokasi dengan lebih terukur dan membantu dalam pemilihan strategi S-O, W-O, S-T, dan W-T secara sistematis.

Metode SWOT membantu perusahaan dalam menyusun strategi yang efektif dengan memanfaatkan kekuatan dan peluang yang ada, serta mengurangi kelemahan dan ancaman yang mungkin timbul [31].

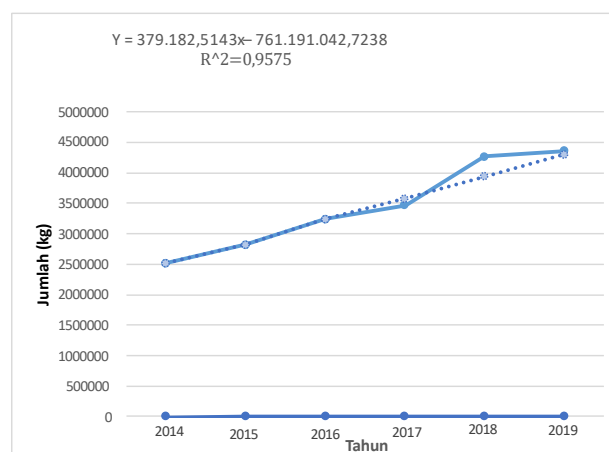
Dengan analisis SWOT yang dilakukan berdasarkan analisis lingkungan internal dan eksternal, karakteristik kekuatan utama, kekuatan tambahan, faktor netral, kelemahan utama, dan kelemahan tambahan dapat diidentifikasi [32]. Analisis SWOT juga dapat digunakan untuk mendapatkan strategi alternatif yang dapat diterapkan dalam perusahaan [33]. Matriks SWOT dianggap sebagai alat pencocokan yang penting dalam membantu perusahaan mengembangkan empat jenis strategi, yaitu strategi S-O (*Strengths-Opportunities*), strategi W-O (*Weaknesses-Opportunities*), strategi S-T (*Strengths-Threats*), dan strategi W-T (*Weaknesses-Threats*) [34]. Jika diterapkan dengan benar, asumsi

sederhana ini dapat memberikan dampak besar dalam merancang strategi yang sukses dan menganalisis lingkungan bisnis untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam mengidentifikasi peluang dan ancaman yang akan dihadapi perusahaan [35]. Dengan mengintegrasikan metode *value scoring* dan analisis SWOT berbasis IFE-EFE, maka penelitian ini tidak hanya mampu mengidentifikasi lokasi optimal secara spasial, tetapi juga secara strategis. Kombinasi pendekatan kuantitatif dan kualitatif ini memberikan justifikasi yang lebih kuat dan menyeluruh terhadap pemilihan lokasi pabrik nanokristalin selulosa dari TKKS di wilayah Sumbar-Riau

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prediksi Kebutuhan Impor Nanokristalin Selulosa (NCC)

Untuk memperkirakan kebutuhan impor NCC di masa mendatang, dilakukan analisis tren menggunakan metode regresi linier berdasarkan data historis impor dari tahun-tahun sebelumnya. Berdasarkan tabel 2 di atas, dapat dibuat grafik hubungan antara kebutuhan produk dengan tahun produksi seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik hubungan antara kebutuhan produk

Dari grafik diatas, dengan metode trendline regresi linier, maka didapat persamaan linier untuk mencari kebutuhan impor pada tahun tertentu dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = 379.182,51X - 761.191.042,72 \quad (1)$$

Keterangan :

Y = Jumlah (kg)

X = tahun

Persamaan ini menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu tahun, kebutuhan impor NCC meningkat rata-rata sebesar 379.182,51 kg. Model regresi ini diuji menggunakan koefisien determinasi (R^2) untuk menilai tingkat akurasi prediksi. Nilai $R^2 = 0,944$, yang berarti bahwa 94,4% variasi dalam data kebutuhan impor dapat

dijelaskan oleh model linier tersebut, menunjukkan tingkat akurasi yang sangat baik.

Interpretasi dari hasil ini mengindikasikan adanya tren kenaikan kebutuhan NCC yang konsisten dari tahun ke tahun, seiring dengan meningkatnya penggunaan bahan baku berbasis biomassa untuk industri ramah lingkungan di Indonesia. Oleh karena itu, tren ini memperkuat urgensi pembangunan pabrik NCC dalam negeri guna mengurangi ketergantungan terhadap impor.

Kapasitas Pabrik dan Ketersediaan Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)

Bahan baku utama untuk produksi NCC adalah tandan kosong kelapa sawit. Ketersediaan bahan baku ini dapat diketahui berdasarkan pabrik-pabrik yang memproduksi minyak kelapa sawit mentah (CPO) di Sumbar dan Riau. Dalam penelitian ini, beberapa pabrik penghasil CPO di wilayah Sumbar dan Riau diambil sebagai sampel. Kapasitas pabrik pengolahan kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Daftar Pabrik CPO di Wilayah Sumbar dan Riau

No.	Perusahaan	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)	Ketersediaan TKKS (Ton/Tahun)	Alamat
1.	PT. Sewangi Sejati Luhur	216.000	49.680	Desa Sukaramai Kecamatan Tapung Hulu Kab. Kampar Provinsi Riau.
2.	PTPN V Sei Pagar	144.000	33.103	Jl. Hang Tuah Perhentian Raja Kab.Kampar, Riau.
3.	PTPN V Tandun	216.000	49.680	Talang Danto, Kec. Tapung Hulu, Kab. Kampar, Riau 28554
4.	PTPN V Terantam	288.000	66.206	Kasikan, Kec. Tapung Hulu, Kab. Kampar, Riau 28464
5.	PT. Sari Lembah Subur	216.000	49.680	Desa Gendang, Kec. Pangkal Lesung, Kab. Pelawan, Riau.
6.	PT. Tidar Kerinci Agung (PT. TKA)	288.000	66.206	Nagari Lubuk Besar dan Nagari Alahan Nan Tigo (Kab. Dharmasraya)
7.	PT. Dhamasraya Sawit Lestari	216.000	49.680	Jorong Koto, Kec. Kotobaru, Kab. Dhamasraya, Provinsi Sumatera Barat - 27681
8.	PT. Kencana Sawit Indonesia	216.000	49.680	Talao Sungai Kunyit, Kec. Sangir Balai Janggo, Kab. Solok Selatan, Sumatera Barat 27777
9.	PT. Bina Pratama Sakato Jaya	144.000	33.103	Sungai Tenang Kec. Kamang Baru, Kab. Sawahlunto Sijunjung Sumatera Barat
10.	PT. Kemilau Permata Sawit	144.000	33.103	Kec. Kamang Baru, Kab Sijunjung Sumatera Barat
11.	PT. Bakrie Pasaman Plantation	432.000	99.360	Kec. Sungai Aur, Kabupaten Pasaman Barat
12.	PT. AAI	432.000	99.360	Kinali, Pasaman Barat
13.	PT. Agrowiratama	432.000	99.360	Sungai Aua, Pasaman Barat

Dari Tabel 3 di atas, total ketersediaan TKKS di beberapa perusahaan di wilayah Sumbar dan Riau sekitar 745.018 ton/tahun. Hal ini menunjukkan bahwa bahan baku TKKS yang tersedia untuk produksi NCC sangat mencukupi.

Prediksi Kebutuhan NCC

Kebutuhan terhadap produk NCC diprediksi berdasarkan proyeksi tren permintaan material pengganti bahan bakar fosil dan kebutuhan bahan aditif dalam industri material

berbasis karbon aktif, termasuk sektor energi, pupuk, dan pertanian. Berdasarkan analisis data pasar dan konsultasi dengan dua perusahaan pengguna akhir, diperkirakan kebutuhan awal NCC mencapai 60.000 ton/tahun pada tahun pertama operasional pabrik. Model prediksi yang digunakan adalah *model time series* sederhana berbasis regresi linier terhadap data konsumsi karbon aktif nasional (2017–2023) dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,84, yang menunjukkan bahwa model mampu menjelaskan variasi data sebesar 84%. Hal ini

menjadi justifikasi bahwa permintaan terhadap NCC berpotensi tumbuh stabil, dengan margin error prediksi $\pm 5\%$.

Teknik Penilaian Lokasi dan Kualifikasi Pakar

Metode penilaian hasil *value* digunakan untuk memilih lokasi terbaik dari tiga alternatif berdasarkan lima kriteria utama: ketersediaan bahan baku, akses pemasaran, ketersediaan utilitas, tenaga kerja, dan kondisi wilayah. Penilaian dilakukan melalui diskusi terfokus (*Focus Group Discussion* atau FGD) yang dilaksanakan sebanyak dua kali, masing-masing berdurasi 2–3 jam, dengan melibatkan 13 orang pakar.

Seluruh responden merupakan manajer senior dan kepala bagian operasional dari lima perusahaan kelapa sawit terkemuka di Provinsi Riau dan Sumatera Barat. Para pakar dipilih berdasarkan kriteria pengalaman minimal 10 tahun di bidang manajemen logistik, produksi, atau pengembangan industri kelapa sawit. Dalam FGD, setiap pakar memberikan skor terhadap tiga lokasi alternatif menggunakan skala 1–5 untuk setiap kriteria. Bobot kriteria ditentukan berdasarkan pendekatan *expert judgment* melalui konsensus dalam diskusi. Agregasi dilakukan dengan menghitung nilai tertimbang dari seluruh skor pakar, lalu dirata-rata untuk mendapatkan skor akhir masing-masing lokasi. Hasil penilaian disajikan pada Tabel 4.

Alasan Pemilihan Tiga Kabupaten

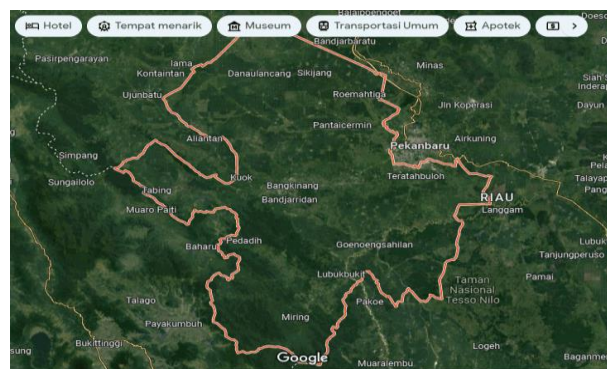
Tiga lokasi dipilih sebagai alternatif berdasarkan dua kriteria utama: (1) ketersediaan TKKS yang tinggi berdasarkan data kapasitas pabrik CPO, dan (2) keterwakilan wilayah administrasi dari dua provinsi potensial pengembangan industri berbasis sawit, yaitu Riau dan Sumatera Barat. Ketiganya memiliki fasilitas CPO aktif dan wilayah industri yang sedang berkembang. Lokasi lain tidak dipilih karena keterbatasan akses, infrastruktur, atau minimnya ketersediaan data yang terverifikasi.

Lokasi Pabrik

Oleh karena itu, pemilihan lokasi untuk pabrik produksi NCC dengan menggunakan TKKS sebagai bahan baku direncanakan di Provinsi Sumatera Barat dan Riau.

Lokasi Alternatif 1 (Kabupaten Kampar, Provinsi Riau)

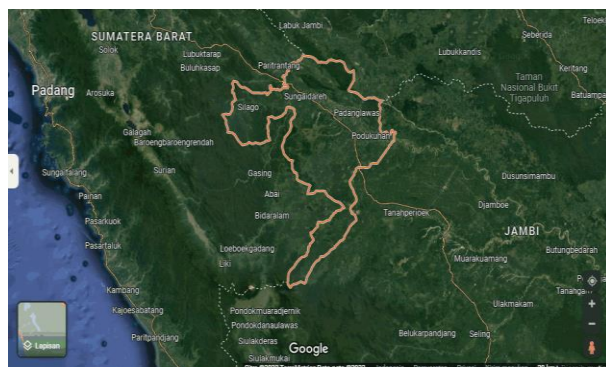
Kabupaten Kampar memiliki luas lahan sebesar 241.500 hektare dengan potensi produksi minyak kelapa sawit mentah (CPO) sebesar 966.000 ton [36]. Peta lokasi untuk alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Alternatif 1

Lokasi Alternatif 2 (Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat)

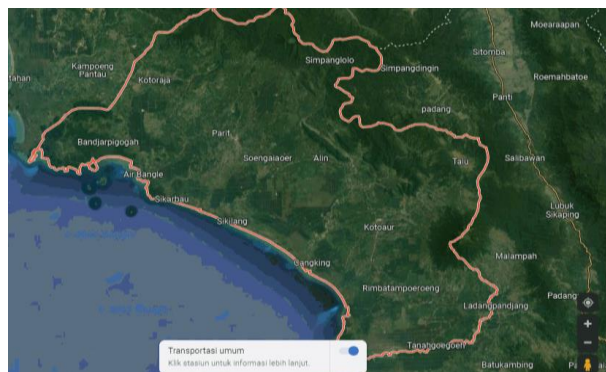
Kabupaten Dharmasraya memiliki luas lahan sebesar 62.861 hektare dengan potensi produksi minyak kelapa sawit mentah (CPO) sebesar 3.797 ton [37]. Peta lokasi untuk alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Alternatif 2

Lokasi Alternatif 3 (Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat)

Kabupaten Pasaman Barat merupakan salah satu daerah penghasil kelapa sawit terbesar dengan luas perkebunan kelapa sawit di kabupaten ini mencapai 126.761 hektare [38]. Peta lokasi untuk alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Lokasi Alternatif 3

Pemilihan Lokasi Pabrik

Lokasi terbaik akan dipilih berdasarkan penilaian menggunakan metode penilaian hasil *value* [26]. Berdasarkan rekapitulasi pemilihan lokasi pabrik menggunakan metode ini oleh tim ahli, hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4. Berikut adalah hasil pertimbangan menggunakan metode penilaian hasil

value. Adapun metode penilaian menggunakan pendekatan *value scoring*, dengan bobot kebutuhan (dalam persen) ditentukan berdasarkan hasil diskusi para pakar. Penilaian dilakukan dengan skala 1–5, di mana: 1 = sangat tidak sesuai, 2 = tidak sesuai, 3 = cukup sesuai, 4 = sesuai, 5 = sangat sesuai.

Tabel 4. Penilaian Lokasi Menggunakan Metode Penilaian Hasil *Value*

No.	Kebutuhan	Nilai Ideal Lokasi	Kabupaten Kampar, Riau	Kabupaten Dharmasraya	Kabupaten Pasaman Barat
1.	Bahan baku	40	30	25	30
2.	Pemasaran	30	25	15	20
3.	Utilitas	15	12	10	15
4.	Tenaga kerja	10	10	9	10
5.	Kondisi wilayah	5	5	5	3
Total		100	82	64	78

Tabel 4 menunjukkan bahwa skor tertinggi terdapat di Kabupaten Kampar, Riau dengan nilai 82, mempertimbangkan faktor bahan baku, pemasaran, utilitas, tenaga kerja, dan kondisi wilayah. Sementara itu, Kabupaten Dharmasraya dan Kabupaten Pasaman Barat memperoleh skor 64 dan 78. Oleh karena itu, lokasi terbaik untuk mendirikan pabrik dipilih di Kabupaten Kampar, Riau.

Penentuan lokasi pabrik ini juga diperkuat dengan analisis SWOT (Strength, Weakness, Opportunities, and Threats) pada lokasi dengan nilai tertinggi, yaitu di Kabupaten Kampar. Analisis SWOT Kabupaten Kampar dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis SWOT Kabupaten Kampar

Variabel	Internal		External	
	Kekuatan (Strength)	Kelemahan (Weakness)	Peluang (Opportunities)	Ancaman (Threat)
Bahan baku	Dekat dengan PT. Sewangi Sejati Luhur, PTPN V Tandun, Terantam, Sei Pagar.	Ketersediaan OPEFB melimpah	Bahan baku lebih mudah diperoleh karena terdapat sekitar 46 perusahaan CPO di wilayah Kampar	Produksi NCC pertama memerlukan kerja sama dengan pabrik CPO lain terkait bahan baku.
Pemasaran	Transportasi memadai	Bergantung pada ekspedisi	Belum ada pabrik yang memproduksi NCC	Mencari strategi pemasaran yang tepat.
Utilitas	Lokasi dekat dengan Sungai Kampar dan Sungai Tapung	Memerlukan proses pemurnian air	Kebutuhan air cukup dari Sungai Kampar dan Sungai Tapung	Perlu membangun unit pengolahan air mandiri.
Tenaga kerja	Bisa diperoleh dari penduduk sekitar Kabupaten Kampar dan sekitarnya	Belum ada tenaga ahli untuk produksi NCC, perlu pelatihan	Merekrut tenaga ahli dari provinsi sekitar	Perusahaan besar dapat menawarkan gaji tinggi untuk tenaga ahli.
Kondisi wilayah	Iklim dan cuaca relatif stabil	Wilayah berbukit dan dataran rendah	Wilayah strategis, dekat dengan kawasan industri, lahan yang cukup luas tersedia	Potensi kebakaran hutan.

Dari analisis SWOT yang telah dilakukan, terdapat beberapa keuntungan, yaitu lokasi yang dekat dengan sumber bahan baku karena wilayah Kampar, Riau, sudah memiliki 46 unit Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang

mengolah Tandan Buah Segar (TBS) menjadi minyak kelapa sawit atau CPO [28]; sehingga TKKS sangat tersedia untuk produksi NCC. Selain itu, transportasi memadai karena wilayahnya strategis, dekat dengan

aliran sungai sehingga kebutuhan air tercukupi, serta memiliki iklim yang relatif stabil.

Agar hasil analisis SWOT lebih akurat dan berbasis data kuantitatif, dilakukan pula analisis IFE (*Internal Factor Evaluation*) dan EFE (*External Factor Evaluation*) untuk lokasi dengan skor tertinggi, yaitu Kabupaten Kampar. Penilaian dilakukan oleh 13 pakar dalam FGD, menggunakan bobot dan rating pada setiap faktor SWOT yang telah teridentifikasi. Hasilnya disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7 berikut.

Tabel 6. Matriks IFE Kabupaten Kampar

Faktor Internal	Bobot	Rating	Skor Tertimbang
Dekat dengan sumber bahan baku (PKS)	0,20	4	0,80
Transportasi memadai	0,15	3	0,45
Ketersediaan air dari sungai	0,10	3	0,30
Tenaga kerja lokal tersedia	0,10	2	0,20
Belum ada tenaga ahli NCC	0,10	2	0,20
Kondisi wilayah berbukit	0,05	2	0,10
Total Skor IFE	1,00		2,05

Tabel 7. Matriks EFE Kabupaten Kampar

Faktor Eksternal	Bobot	Rating	Skor Tertimbang
Potensi pasar NCC tinggi (belum ada pesaing)	0,25	4	1,00
Dukungan CPO untuk suplai TKKS	0,20	4	0,80
Akses ke kawasan industri dan pelabuhan	0,15	3	0,45
Potensi kebakaran hutan	0,10	2	0,20
Ketergantungan pada ekspedisi	0,10	2	0,20
Total Skor EFE	1,00		2,65

Dari hasil analisis IFE, diperoleh skor total 2.05 yang menunjukkan posisi internal cukup kuat. Sementara itu, skor EFE sebesar 2,65 menandakan bahwa lingkungan eksternal memberikan peluang yang besar bagi pengembangan pabrik NCC di Kabupaten Kampar. Posisi ini menempatkan lokasi tersebut dalam kuadran I matriks SWOT, yang berarti kondisi ini mencerminkan organisasi atau wilayah dengan peluang eksternal besar

dan kekuatan internal yang memadai meskipun belum maksimal. Strategi yang disarankan adalah menggunakan kekuatan internal untuk memanfaatkan peluang eksternal.

Penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam merancang strategi awal pengembangan industri NCC berbasis limbah sawit (TKKS) di wilayah Sumatera dan Riau. Penemuan utamanya:

- Menunjukkan potensi keekonomian dan ketersediaan bahan baku TKKS secara kuantitatif, yang sebelumnya belum banyak dianalisis secara sistematis.
- Membuktikan Kabupaten Kampar sebagai lokasi strategis berbasis analisis gabungan (*value scoring*, SWOT, IFE-EFE), yang dapat dijadikan model replikasi untuk proyek serupa di wilayah lain.
- Memberikan pendekatan evaluasi partisipatif berbasis FGD dan analisis multi-kriteria, yang dapat digunakan untuk perencanaan industri berkelanjutan lainnya.

KESIMPULAN

Pemilihan lokasi pembangunan pabrik NCC berkapasitas 2.000 ton/tahun dari TKKS mempertimbangkan ketersediaan bahan baku, pemasaran, utilitas, kondisi wilayah, dan tenaga kerja. Berdasarkan metode value scoring, Kabupaten Kampar memperoleh skor tertinggi (82), diikuti oleh Pasaman Barat (78) dan Dharmasraya (64). Analisis SWOT yang diperkuat dengan IFE (2,05) dan EFE (2,65) menempatkan Kampar pada kuadran strategi S–O, menunjukkan kekuatan internal yang baik serta peluang eksternal yang besar. Kombinasi metode value scoring dan SWOT berbasis IFE-EFE terbukti efektif dalam menentukan lokasi industri biomassa. Namun, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Penilaian hanya melibatkan 13 pakar dari kalangan akademisi dan praktisi, tanpa keterlibatan langsung dari pemerintah atau investor. Prediksi kebutuhan pasar NCC belum dianalisis secara kuantitatif. Lokasi yang dianalisis terbatas pada tiga kabupaten, belum mencakup aspek sosial, budaya, dan lingkungan. Selain itu, belum dilakukan analisis spasial berbasis GIS dan kajian finansial. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan dilakukan analisis GIS, studi kelayakan finansial dan rantai pasok, serta prediksi kebutuhan NCC yang akurat. Keterlibatan stakeholder yang lebih luas juga penting guna mendukung implementasi proyek secara komprehensif.

ACKNOWLEDGEMENT

Penelitian ini didanai oleh Politeknik ATI Padang, Kementerian Perindustrian pada tahun 2022 dengan

Nomor Surat Perjanjian Kontrak 709/BPSDMI/ATI-Padang/IV/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Y. H. Silitonga, S. N. Bahagia, T. Simatupang, and J. Siswanto, "Modeling the Competitiveness of Indonesian Palm Oil Industry: A Conceptual Model Using Hierarchical Multi-Level System Approach," *J. Tek. Ind.*, 2013, doi: 10.9744/jti.15.2.103-110.
- [2] M. Siahaan, "Palm oil industry in Indonesia-statistics & facts," statista. [Online]. Available: <https://www.statista.com/topics/5921/palm-oil-industry-in-indonesia/#topicOverview>
- [3] H. Saputra, W. Panggabean, and D. F. Simatupang, "Fabrikasi Material Bioplastik Dari Selulosa Hasil Ekstraksi Tandan Kosong Kelapa Sawit," *Sang Pencerah J. Ilm. Univ. Muhammadiyah But.*, vol. 9, no. 1, 2023, doi: 10.35326/pencerah.v9i1.3035.
- [4] M. O. Adu *et al.*, "The use of oil palm empty fruit bunches as a soil amendment to improve growth and yield of crops. A meta-analysis," *Agron. Sustain. Dev.*, 2022, doi: 10.1007/s13593-022-00753-z.
- [5] J. Han and J. Kim, "Process Simulation and Optimization of 10-MW EFB Power Plant," in *Computer Aided Chemical Engineering*, 2018. doi: 10.1016/B978-0-444-64235-6.50128-5.
- [6] N. B. Osman, N. Shamsuddin, and Y. Uemura, "Activated Carbon of Oil Palm Empty Fruit Bunch (EFB); Core and Shaggy," in *Procedia Engineering*, 2016. doi: 10.1016/j.proeng.2016.06.610.
- [7] F. S. Irwansyah, J. Yanto, W. D. I. Azis, and Kelvin, "Optimization of Empty Fruit Bunches (EFB) as a solution to deforestation as a result of the exploitation from the paper industry in Riau of conferences," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018. doi: 10.1088/1757-899X/434/1/012189.
- [8] M. Amrullah, E. Mardawati, R. Kastaman, and S. Suryaningsih, "Study of bio-briquette formulation from mixture palm oil empty fruit bunches and palm oil shells," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. doi: 10.1088/1755-1315/443/1/012079.
- [9] Maryam, K. Akli, and M. Isfus Senjawati, "Bioproses Pembuatan Nano Crystallin Cellolose (NCC) dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) dan Aplikasinya Sebagai Material Komposit Bioplastik," 2020.
- [10] K. rimadhanti Ningtyas, M. Muslihudin, and I. N. Sari, "Sintesis Nanoselulosa dari Limbah Hasil Pertanian dengan Menggunakan Variasi Konsentrasi Asam," *J. Penelit. Pertan. Terap.*, 2020, doi: 10.25181/jppt.v20i2.1631.
- [11] F. Aulia, Marpongahtun, and S. Gea, "Studi Penyediaan Nanokristal Selulosa Dari Tandan kosong sawit (TKS)," *J. Saintia Kim.*, 2013.
- [12] W. Neng, D. Enyong, and C. Rongshi, "Preparation and liquid crystalline properties of spherical cellulose nanocrystals," *Langmuir*, 2008, doi: 10.1021/la702923w.
- [13] O. Riza, S. Nikmatin, H. Hardhienata, and F. A. Syamani, "Analisa Sifat Mekanik pada Bahan Anti Peluru dari Adisi Berpenguat Serat Panjang Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS)," *Newton-Maxwell J. Phys.*, vol. 3, no. 1, 2022, doi: 10.33369/nmj.v3i1.17567.
- [14] I. Hidayatulloh, E. M. Widyanti, C. Aztaris, A. Melanitria, and Lidya Elizabeth, "Kajian Pustaka Sintesis Nanoselulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Filler Pembuatan Tisu Toilet," *Fluida*, vol. 15, no. 1, 2022, doi: 10.35313/fluida.v15i1.2711.
- [15] S. Hidayat, A. Meidinariasty, and R. Junaidi, "Film Nanokomposit Berbasis Termoplastik Pati Singkong -Polivinil Alkohol Dengan Nanoselulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Sebagai Bahan Penguat," *J. Pendidik. dan Teknol. Indones.*, vol. 2, no. 10, 2022, doi: 10.52436/1.jpti.225.
- [16] R. Yudianti, *Pengembangan Nanokomposit Berbasis Nanoselulosa dan Nanokarbon sebagai Material Fungsional*. 2022. doi: 10.55981/brin.431.
- [17] M. R. Store, "Global Nanocellulose (Nanocrystalline Cellulose, Nano-fibrillated Cellulose and Bacterial Nanocellulose) Market Set for Rapid Growth, To Reach Around USD 530.0 Million by 2021," Market Research Store. Accessed: Mar. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.marketresearchstore.com/news/global-nanocellulose-market-223>
- [18] nanografi, "Cellulose Nanocrystal (Nanocrystalline Cellulose,CNC)." Accessed: Mar. 21, 2024. [Online]. Available: <https://nanografi.com/popular-products/cellulose-nanocrystal-nanocrystalline-cellulose-cnc/>
- [19] Y. Tang, X. Shen, J. Zhang, D. Guo, F. Kong, and N. Zhang, "Extraction of cellulose nano-crystals from old corrugated container fiber using phosphoric acid and enzymatic hydrolysis followed by sonication," *Carbohydr. Polym.*, 2015, doi: 10.1016/j.carbpol.2015.02.063.
- [20] A. Candra, "Pabrik Nanokristal Selulosa dari Tongkol Jagung (Zea Mays) dengan Proses Hidrolisis Asam," *Repository.Upnjatim.Ac.Id*, 2022.
- [21] BPS Provinsi Riau, "Statistik Kelapa Sawit Provinsi Riau 2020," Riau, 2021.
- [22] BPS Provinsi Sumatera Barat, "Analisis Isu Terkini: Peran Sawit di Provinsi Sumatera Barat 2021," 2022.

- [23] P. Papilo, T. Djatna, Y. Arkeman, and M. Marimin, "Penerapan Fuzzy TOPSIS dalam Penentuan Lokasi Kawasan Pengembangan Rantai Pasok Bioenergi Kelapa Sawit," *Agritech*, vol. 38, no. 1, 2018, doi: 10.22146/agritech.12528.
- [24] N. C. Rafidanta and C. E. Lusiani, "Penentuan Lokasi Pabrik Menggunakan Metode Factor Rating Pada Pra-Rancangan Pabrik Virgin Coconut Oil (VCO) Dengan Kapasitas 50.000 Ton/Tahun," *DISTILAT J. Teknol. Separasi*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: 10.33795/distilat.v7i2.263.
- [25] A. Purwanto and F. A. S. B. Kakisina, "Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Lokasi Pendirian Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Metode Moora," *TeknoIS J. Ilm. Teknol. Inf. dan Sains*, vol. 14, no. 1, 2024, doi: 10.36350/jbs.v14i1.213.
- [26] Maryam, V. Syahmer, M. I. Senjawati, K. Akli, and K. Nadiyah, "Feasibility study of nanocrystalline cellulose (NCC) production from oil palm empty fruit bunch (OPEFB) fiber using bioprocess technology," vol. 2, no. 3, pp. 218–228, 2024.
- [27] S. Wignjosoebroto, "Tata Letak Pabrik dan Pemindahan Barang Edisi Ketiga," *Jakarta Guna Widya*, 2009.
- [28] J. Kasmir, *Studi Kelayakan Bisnis (Revisi)*. 2020.
- [29] E. Megawati, S. R. L. Utami, N. Hajar, and A. W. Hidayat, "Pengaruh Pertumbuhan Ekonomi dan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) Terhadap SEntra Pengolahan Kerupuk Petis Ikan dan Udang di Kendal," *Lit. J. Ilm. Sos.*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.53489/jis.v2i2.23.
- [30] K. L. Kotler, Philip dan Keller, *Manajemen Pemasaran. Edisi 12. Jilid 2*. 2018.
- [31] R. F, *Teknik Membedah Kasus Bisnis Analisis SWOT Cara Perhitungan Bobot, Rating, dan OCAI*. 2019.
- [32] H. Alma, Buchari, and D. J. Priansa, "Buku Manajemen Bisnis Syariah," *Meraja J.*, 2014.
- [33] S. Pamareta, "Analisis Strategi Pemasaran Es Krim Walls dengan Pendekatan SWOT dan QSPM pada PT Roxy Prameswari di Lampung," *J. Simplex*, vol. 1, no. 1, pp. 17–23, 2018.
- [34] M. Z. Abiddin, I. Mas'udin, and D. M. Utama, "Pemilihan Strategi Pemasaran Dengan Metode SWOT Dan TOPSIS," *J. Tek. Ind.*, 2017, doi: 10.22219/jtiumm.vol18.no1.55-67.
- [35] J. Hartono, "Analisis dan Desain Sistem Informasi Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktek Aplikasi Bisnis III," *Yogyakarta Andi*, 2017.
- [36] BPS Provinsi Riau, "Provinsi Riau Dalam Angka 2022," Riau, 2022.
- [37] Rizal, "Bertambah Satu Lagi, Kampar Kini Punya 46 Pabrik CPO," *Elaeis*. Accessed: Mar. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.elaeis.co/berita/baca/bertambah-satu-lagi-kampar-kini-punya-46-pabrik-cpo>
- [38] BPS Provinsi Sumatera Barat, "Provinsi Sumatera Barat Dalam Angka 2021," 2021.