

Perancangan Model Konseptual Pengembangan Industri Oleokimia Berbasis Kelapa Sawit dengan Pendekatan Dinamika Sistem

Dian Fajarika*, Elvi Armadani*, M. Zaki Hadi, Juniwati
Institut Teknologi Sumatera; email: dian.fajarika@ti.itera.ac.id, elvi.armadani@ti.itera.ac.id,
zaky.hadi@ti.itera.ac.id, juniwati@ti.itera.ac.id

* Corresponding author

Abstrak

Industri oleokimia berbasis kelapa sawit telah berkembang dengan pesat karena mampu menggantikan kebutuhan oleokimia yang berbasis minyak bumi, minyak hewani dan minyak nabati lainnya. Produk oleokimia dibutuhkan oleh industri produk pembersih, kosmetik dan makanan. Produk oleokimia yang berbasis kelapa sawit memiliki keunggulan diantaranya berasal dari bahan baku yang terbarukan, bersifat biodegradable yang mudah terurai, lebih aman dari efek beracun, dan dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia yang berbasis petrokimia. Walaupun memiliki manfaat yang besar, pengembangan industri oleokimia masih belum menjadi prioritas industri di Indonesia. Sebagai negara yang memiliki sumber daya perkebunan sawit yang luas dengan urutan pertama di dunia pada tahun 2022, Indonesia harus melakukan hilirisasi produk sawit diantaranya industri oleokimia. Penelitian bertujuan untuk merancang model konseptual pengembangan industri oleokimia dengan pendekatan dinamika sistem. Model mempertimbangkan faktor ketersediaan sawit, kebutuhan industri oleokimia, harga produk oleokimia serta kesediaan dari pelaku usaha produk sawit yang dipengaruhi oleh harga produk oleokimia. Penelitian menggunakan objek berupa industri sawit dan olekimia di Indonesia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan industri olekimia dipengaruhi oleh kesediaan minyak sawit, harga oleokimia, kebutuhan domestik dan ekspor serta kesediaan pelaku industri oleokimia.

Kata Kunci: Model konseptual, industri oleokimia, dinamika sistem, kelapa sawit.

Abstract

[Title: Conceptual modelling of palm oil-based oleochemical industry development using a system dynamic approach] The palm oil-based oleochemical industry is currently experiencing significant growth because it can replace the need for petroleum-based chemicals, animal oils, and other vegetable oils. Oleochemical products derived from palm oil are commonly used in cleaning products, cosmetics, and the food industry. Palm oil-based oleochemicals offer several advantages, including the use of renewable raw materials, biodegradability, safety from toxic effects, and a reduced dependence on petrochemicals. Indonesia become the world's leading producer in 2022. As a country with abundant palm planting resources, it is imperative for Indonesia to explore opportunities for utilizing palm products, including the oleochemical industry. The research aims to design a conceptual model for the development of the oleochemical industry with a system dynamics approach. This model takes into consideration factors such as the availability of palm oil, the demand of the oleochemical industry, and the willingness of palm product businesses, which can be influenced by the pricing of oleochemical products. This study focuses on the palm oil and oleochemical industries in Indonesia. The results of this study indicate that the development of the oleochemical industry is influenced by factors such as palm oil availability, the price of oleochemicals, domestic consumption and export, and business actor willingness.

Keywords: Conceptual model, oleochemical industry, system dynamics, palm oil.

Kelompok BoK yang bersesuaian dengan artikel: *Operations Research & Analysis*

Saran format untuk mensitasi artikel ini:

Fajarika, D, Armadani, E, Hadi, M.Z. dan Juniwati (2023). Perancangan Model Konseptual Pengembangan Industri Oleokimia Berbasis Kelapa Sawit dengan Pendekatan Dinamika Sistem. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri (SENASTI) 2023*, 108-116.

1. Pendahuluan

Produk turunan sawit berupa oleokimia merupakan salah satu produk yang memiliki nilai jual yang tinggi. Pengembangan industri oleokimia merupakan salah satu strategi pembangunan industri turunan minyak sawit yang ditargetkan dalam Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional (RIPIN) tahun 2035 (Kementerian Perindustrian, 2015). Industri oleokimia penting untuk dikembangkan karena sebagai salah satu produk ekspor yang memiliki nilai tambah yang tinggi. Jumlah ekspor produk oleokimia hingga saat ini mencapai 4.16 juta ton di tahun 2022 (Sawit Indonesia, 2022). Oleokimia dari minyak sawit ini mempunyai keunggulan karena menghasilkan rendemen yang lebih besar dibanding oleokimia dari tanaman lainnya, harga terjangkau dan lebih ramah lingkungan dalam penggunaannya (Tambun et al., 2019). Industri oleokimia basis minyak sawit seperti industri *fatty acids* diperkirakan mengalami pertambahan pasar sebesar 5% per tahun, sedangkan *fatty alcohols* diprediksi bertumbuh sebanyak 3% per tahunnya (Rofiqi et al., 2016). Selain itu, peluang tambahan dari produk samping pengolahan turunan sawit seperti gliserin banyak digunakan oleh industri farmasi dan kosmetik. Walaupun ceruk pasar akan produk turunan sawit tersebut terus tumbuh, namun di Indonesia sebagai negara yang memiliki sawit terbesar hanya mampu mengeksport kurang dari 10 % dari total produk turunan kelapa sawit, sebagian besar masih dalam bentuk *refined crude palm oil* atau CPO (Gapki, 2019). Hal ini menjadi tantangan bagi Indonesia untuk lebih meingkatkan industri hilir kelapa sawit.

Pengembangan industri oleokimia perlu mendapat perhatian karena masih banyak mengalami kendala. Kendala dalam pengembangan industri oleokimia diantaranya adalah instabilitas kondisi ekonomi, terbatasnya modal, investasi dan dukungan pembiayaan, dan keterbatasan infrastruktur (Azahari, 2019). Industri turunan sawit mengalami tekanan pada kompetisi global dimana Indonesia masih tertinggal dengan negara asia lain seperti Malaysia dalam pengembangan industri sawit. Pengembangan produk turunan sawit di Indonesia saat ini hanya mencapai 47 produk turunan sedangkan di Malaysia sudah mencapai 120 produk turunan (Simanjuntak, 2022). Berdasarkan data dari kementerian perindustrian, tercatat hingga 160 jumlah produk turunan sawit yang sangat berpotensi dikembangkan di dalam negeri, baik berbentuk pangan, nutrisi, bahan kimia, dan bahan bakar energi baru dan terbarukan. Indonesia saat ini masih mengeksport produk sawit dalam bentuk minyak mentah (*crude palm oil* atau CPO) (Yuhendra, 2017). Peluang untuk Indonesia dalam mengembangkan produk turunan sawit masih sangat terbuka untuk memberikan nilai tambah dan peningkatan pendapatan negara.

Penelitian terkait industri turunan sawit sudah banyak dikaji pada penelitian sebelumnya. Penelitian terdahulu telah mengkaji rekomendasi kebijakan berbasis dinamika sistem untuk pengembangan dan keberlanjutan industri hilir berupa bioenergi (Astria et al., 2021). Pengembangan industri hilir kelapa sawit telah dikaji pada ranah strategi

pengembangan sawit dengan menggunakan metode Diamond Porter untuk mengidentifikasi permasalahan dalam pengembangan industri hilir sawit (Rofiqi et al., 2016). Hasil penelitian menunjukkan bahwa diperlukan komitmen pemerintah untuk pengembangan industri turunan sawit sebagai prioritas utama. Perkembangan tentang industri kelapa sawit lainnya yang menganalisis SWOT untuk industri oleokimia basis sawit di Kawasan ekonomi Lhokseumawe sebagai bahan pengganti minyak bumi (Husin, 2019). Faktor lain berupa dukungan investasi yang masih kurang, infrastruktur dan regulasi yang lambat menjadi hambatan dalam pendirian industri oleokimia. Peningkatan industri turunan sawit berupa industri oleokimia juga dikaji pada keberlanjutan industri dengan mempertimbangan kondisi lingkungan. Pengembangan industri hilir sawit memerlukan lokasi dan infrastruktur yang mendukung percepatan pengembangan industri hilir sawit (Nababan et al., 2017). pengembangan model yang dilakukan untuk penelitian terkait industri sawit masih terbatas pada model regresi dengan menggunakan indikator ekonomi makro seperti produk domestik bruto (Yuhendra, 2017).

Model pada penelitian terdahulu mengembangkan berupa pemodelan matematis yang digunakan untuk mengoptimalkan kapasitas produksi industri oleokimia di kawasan industri Sei Mangke (Dharmayanti et al., 2017). Pemodelan terkait industri oleokimia dikaji dengan menggunakan faktor kebijakan untuk pengurangan impor oleokimia menyebabkan penurunan pada ekspor CPO karena pemanfaatan CPO lebih banyak di dalam negeri. Hal ini menyebabkan kenaikan pada pendapatan dari sektor industri oleokimia (Bin et al., 2017). Industri oleokimia menjadi perhatian pada kasus Covid-19 dimana kebutuhan akan produk desinfektan dan antiseptic meningkat sangat drastis yang menyebabkan kenaikan permintaan bahan baku berupa oleokimia berbasis sawit (Othman et al., 2022). Penelitian tersebut menggunakan faktor yang lebih menitikberatkan pada indikator ekonomi. Keterkaitan hubungan antara variabel yang melibatkan pelaku industri berupa petanin CPO, konsumen oleokimia dan produsen oleokimia belum diidentifikasi secara menyeluruh. Hubungan antar faktor yang digunakan pada penelitian terdahulu terbatas pada faktor operasional tanpa melibatkan perilaku usaha. Penelitian ini memberikan kontribusi pada perancangan sistem pengembangan industri oleokimia yang melibatkan pengaruh kesediaan petani sawit untuk berkontribusi pada penyediaan bahan baku oleokimia berupa CPO dan pengaruh harga oleokimia terhadap pertumbuhan permintaan oleokimia berbasis kelapa sawit.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model konseptual dalam pengembangan industri oleokimia untuk memprediksi potensi industri oleokimia di Indonesia dengan mempertimbangkan kesediaan stakeholder berupa smallholder, pengaruh harga oleokimia terhadap permintaan oleokimia. Penyusunan model menggunakan peran perkebunan rakyat (*smallholders's plantation*) dan perkebunan besar (*large plantation*) yang terkait langsung dengan operasional produksi minyak sawit (CPO) dan turunan minyak sawit berupa oleokimia. Potensi pengembangan industri oleokimia menggunakan jumlah produksi oleokimia yang dipengaruhi oleh faktor lain seperti jumlah bahan baku CPO, harga CPO, produk oleokimia serta kesediaan petani untuk ikut serta membantu pengembangan industri hilir sawit.

2. Metode

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahapan. Tahap pertama yaitu mencari sumber referensi yang terkait dengan perkembangan industri oleokimia berbasis sawit. Tahapan kedua yaitu pengumpulan data sekunder terkait faktor yang mempengaruhi industri oleokimia. Tahapan ketiga berupa perancangan model konseptual berdasarkan keterkaitan

antar faktor. Tahapan ke empat berupa evaluasi perancangan model konseptual.

2.1 Studi literatur

Pada tahapan ini dilakukan pencarian sumber referensi dari beberapa database untuk literatur jurnal dengan menggunakan kata kunci “Model industri oleokimia”, “Industri turunan sawit” dan “Perancangan industri oleokimia” dan kata kunci berbahasa Inggris “*Oleochemical palm oil model*”. Referensi yang didapatkan tersebut kemudian di pilih sesuai dengan topik yang dibahas dalam penelitian. Sumber referensi dibutuhkan untuk mengetahui sejauh mana penelitian terkait industri oleokimia ini telah diteliti.

2.2 Pengumpulan data sekunder

Data sekunder dibutuhkan untuk melihat *trend* permintaan *crude palm oil* (CPO), permintaan produk turunan sawit seperti oleokimia. Sumber data yang diambil adalah dari Badan Pusat Statistik, data dari Badan Pengelola Dana Perkebunan, data Kementerian Perindustrian, Kementerian Pertanian dan sumber referensi berlangganan seperti majalah sawit. Data tersebut membantu untuk analisis keterkaitan hubungan antar variabel dengan melakukan analisis *trend* data sekunder. Pengumpulan data dilakukan dari penelitian sebelumnya yang melakukan analisis pengembangan industri kelapa sawit dan industri oleokimia.

2.3 Perancangan model konseptual

Perancangan model pengembangan industri sawit ini menggunakan pendekatan dinamika sistem. Pendekatan sistem dinamik menggunakan pendekatan berpikir sistem (*system thinking*) dimana pendekatan ini digunakan untuk memahami situasi yang kompleks, memerlukan analisis dari waktu ke waktu, dan terdapat hubungan *causal loop* antar variabel (Forrester, 1994). Perancangan model konseptual dilakukan untuk mengetahui gambaran perilaku dari objek yang diamati dengan disimbolkan dengan hubungan sebab akibat (*causal loop*) antar variabel (Coyle, 2000). Hubungan antar variabel memiliki hubungan saling menguatkan disimbolkan dengan tanda *plus* (+) yang didefinisikan sebagai hubungan yang saling memperkuat (*reinforcing*) dan tanda *minus* (-) yang didefinisikan sebagai hubungan yang saling memperlemah (*balancing*). Pada penelitian ini mengembangkan model konseptual dengan merancang *causal loop diagram* yang menunjukkan hubungan antar variabel.

2.4 Evaluasi model konseptual

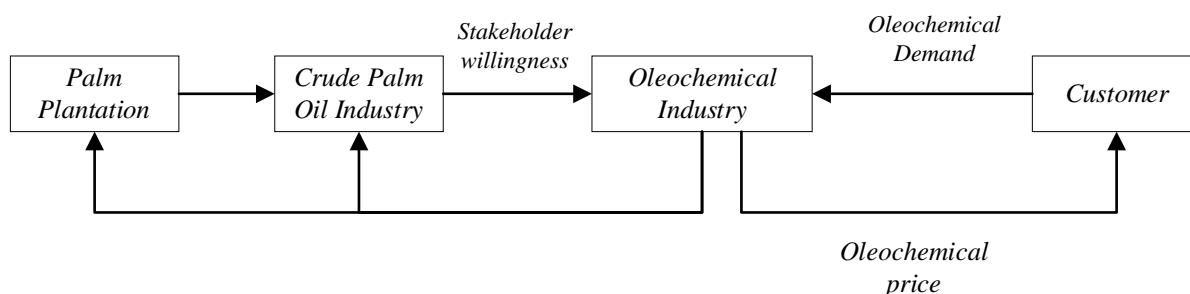
Evaluasi model dilakukan untuk menganalisis kerangka logis model yang dirancang. Model konseptual harus dapat mewakili kondisi nyata dari industri hilir sawit. Evaluasi ini diharapkan dapat melihat perilaku antar variabel yang membangun model. Pada konseptual model yang dirancang memiliki batasan untuk melihat hubungan antara potensi produksi industri oleokimia, konsumsi, harga dan kesediaan dari pelaku industri untuk meningkatkan industri oleokimia.

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini mengobservasi keterkaitan antar faktor dalam pengembangan oleokimia. Penelitian dimulai dengan mencari referensi tentang lahan sawit dan produktivitas tandan buah segar (*fresh fruit bunch*, FFB). Semua faktor yang terkait dengan konseptual model didefinisikan pada Tabel 1. Model konseptual pada penelitian ini menggunakan diagram *causal loop*. Pada model konseptual ini menggunakan 2 jenis perkebunan yaitu perkebunan besar dan

perkebunan rakyat. Perkebunan besar merupakan perkebunan yang terdiri dari perkebunan swasta dan pemerintah. Perkebunan rakyat merupakan perkebunan yang dimiliki oleh individu dengan luasan lahan kurang dari 25 ha (Hutabarat et al., 2018) . Semakin banyak lahan perkebunan besar maka semakin banyak tandan buah segar. Causal loop model ini diawali dengan keterkaitan antara tandan buah sawit segar dengan jumlah CPO, semakin banyak tandan buah segar (*FFB production*) menyebabkan semakin banyak sediaan FFB (*FFB stock*). Semakin banyak sediaan FFB maka semakin besar peluang penggunaan FFB untuk produksi CPO (*CPO production*). Produksi CPO ini menyebabkan semakin banyak *stock* CPO maka semakin banyak kesempatan untuk memproduksi oleokimia, maka semakin banyak CPO yang dibutuhkan.

Kerangka pengembangan model pengembangan industri oleokimia dijelaskan pada Gambar 1. Pengembangan industri oleokimia dipengaruhi oleh ketersediaan minyak sawit (CPO) (Vijayakumaran et al., 2020). Ketersediaan CPO ini dipengaruhi oleh produktivitas tandan buah sawit yang dihasilkan dari lahan kelapa sawit. Ketersediaan lahan sawit untuk menyuplai kelapa sawit menentukan jumlah produksi untuk CPO dan produk turunan berupa oleokimia (Nababan et al., 2017). Pada kerangka penelitian ini mendiskusikan kesediaan pelaku industri untuk memproduksi oleokimia. Kesediaan dari pelaku industri (*business actor willingness*) oleokimia ini sangat penting karena pembuatan produk oleokimia mengalami persaingan dengan produk CPO yang lebih cepat untuk diekspor.

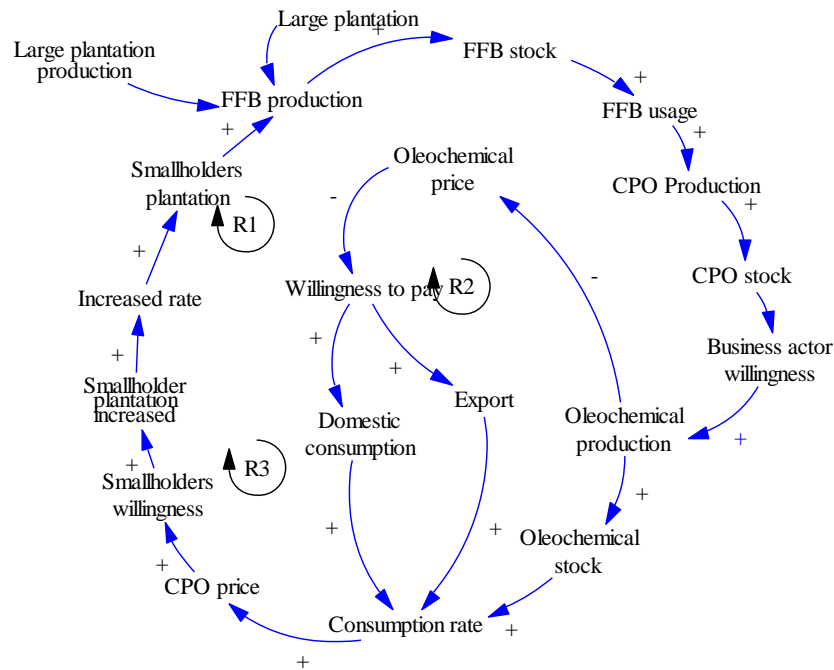


Gambar 1. Kerangka model pengembangan industri oleokimia

Jumlah produksi CPO mempengaruhi elastisitas harga dari oleokimia. Harga CPO memiliki pengaruh terhadap terhadap kesediaan konsumen untuk membeli (*willingness to pay*). Ketersediaan untuk membeli mempengaruhi tingkat konsumsi oleokimia (Aisyah et al., 2021). Konsumsi oleokimia menyebabkan memiliki kaitan dengan harga CPO (*CPO Price*). Harga CPO mempengaruhi kesediaan petani pada perkebunan rakyat (Aisyah et al., 2021). Harga CPO yang semakin naik memberikan ketertarikan pada petani perkebunan rakyat untuk ikut bergabung membangun pengembangan industri oleokimis. Sebaliknya jika harga CPO menurun maka petani pada perkebunan rakyat akan semakin meninggalkan perkebunan sawit dan beralih ke tanaman lainnya. Kesediaan petani pada perkebunan rakyat mempengaruhi pertumbuhan perkebunan rakyat (*smallholder plantation increased*) (Ernah et al., 2016). semakin banyak petani yang bersedia untuk bergabung di perkebunan rakyat memberikan dampak terhadap pertumbuhan lahan perkebunan rakyat (*smallholders's plantation*).

Pada *causal loop diagram* (Gambar 2) terdapat 3 loop yaitu loop R1, R2 dan R3. Loop R1 menunjukkan perputaran variabel dari *FFB production* → *FFB stock* → *FFB usage* → *CPO production* → *CPO stock* → *business actor willingness* → *oleochemical production* → *oleochemical*

stock → consumption rate → CPO price → smallholders's willingness → smallholders plantation increased → increased rate → smallholders's plantation → FFB production. Loop R2 menunjukkan loop yang dimulai dari FFB production → FFB stock → FFB usage → CPO production → CPO stock → business actor willingness → oleochemical production → oleochemical price → willingness to pay → export → consumption rate → CPO price → smallholders's willingness → smallholders plantation increased → increased rate → smallholders's plantation → FFB production.



Gambar 2. Model konseptual pengembangan industri oleokimia

Loop ketiga (R3) menunjukkan *causal loop* yang melalui konsumsi domestik (*domestics consumption*). R3 dimulai dari FFB production → FFB stock → FFB usage → CPO production → CPO stock → business actor willingness → oleochemical production → oleochemical price → willingness to pay → domestic consumption → consumption rate → CPO price → smallholders's willingness → smallholders plantation increased → increased rate → smallholders's plantation → FFB production.

Definisi dan hubungan antar variabel berdasarkan dari sumber literatur. Penelitian terdahulu telah mengidentifikasi faktor terkait pengembangan oleokimia. Studi ini memilih faktor dalam konteks pengembangan perusahaan dan mengabaikan faktor dukungan eksternal seperti kebijakan pemerintah dan aturan lainnya. Secara lebih detail, penjelasan masing-masing variabel dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel pemodelan dinamika sistem

Variabel	Definisi	Sumber referensi
Lahan perkebunan besar (<i>Large plantation</i>)	Jumlah lahan sawit dari perkebunan besar	(Azahari, 2019)
Peningkatan produksi perkebunan besar (<i>Large plantation production</i>)	Rata-rata peningkatan produksi di perkebunan besar	(Azahari, 2019)
Produk tandan buah segar/ <i>fresh fruit bunch (FFB Production)</i>	Jumlah tandan buah segar kelapa sawit	(Hidayat et al., 2014)
Stok tandan buah segar (<i>FFB stock</i>)	Jumlah persediaan tandan buah segar kelapa sawit	(Hidayat et al., 2014)
Jumlah penggunaan tandan buah segar (<i>FFB usage</i>)	Jumlah tandan buah segar yang digunakan untuk produk selanjutnya	(Hidayat et al., 2014)
Jumlah produksi minyak sawit/ <i>crude pam oil (CPO Production)</i>	Jumlah minyak kelapa sawit yang dihasilkan dari konversi tandan buah segar	(Syahza, 2013; Zuhdi et al., 2021)
Jumlah persediaan minyak kelapa sawit (<i>CPO stock</i>)	Jumlah minyak kelapa sawit	(Syahza, 2013)
Jumlah produksi oleokimia (<i>Oleochemical production</i>)	Jumlah produksi oleokimia yang dihasilkan dari konversi CPO	(Rupilius & Ahmad, 2007)
Jumlah persediaan oleokimia (<i>Oleochemical stock</i>)	Jumlah persediaan produk oleokimia yang dipengaruhi oleh produksi dan konsumsi oleokimia	(Rupilius & Ahmad, 2007)
Jumlah konsumsi produk oleokimia (<i>Consumption rate</i>)	Jumlah konsumsi produk oleokimia baik di dalam dan di luar negeri	(Rofiqi et al., 2016)
Harga minyak sawit (<i>Crude palm oil price</i>)	Harga minyak sawit	(Zuhdi et al., 2021)
Kesediaan pelaku industri terhadap CPO (<i>Smallholders willingness</i>)	Kesediaan pelaku industri dari perkebunan rakyat	(Aisyah et al., 2021)
Pertumbuhan smallholders di perkebunan (<i>Smallholders plantation increased</i>)	Pertumbuhan jumlah perkebunan rakyat sawit	(Ernah et al., 2016)
Peningkatan pertumbuhan (<i>Increased rate</i>)	Rata-rata pertumbuhan lahan perkebunan rakyat	(Ernah et al., 2016)
Harga oleokimia (<i>Oleochemical price</i>)	Harga oleokimia	(Rupilius & Ahmad, 2007)
Kesediaan untuk membayar (<i>Willingness to pay</i>)	Kesediaan untuk membayar produk oleokimia	(Aisyah et al., 2021)
Konsumsi oleokimia domestic (<i>Domestic consumption</i>)	Jumlah konsumsi oleokimia dari dalam	(Syahza, 2013)
Konsumsi oleokimia untuk ekspor (<i>Export</i>)	Jumlah konsumsi oleokimia untuk ekspor	(Othman et al., 2022)

4. Kesimpulan

Studi tentang industri oleokimia telah menjadi salah satu topik yang menjadi perhatian saat ini dalam rangka mewujudkan hilirisasi industri. Pengembangan industri oleokimia tidak hanya mengkaji dari faktor eksternal namun juga faktor internal perusahaan untuk ikut berpartisipasi mengembangkan industri. Hasil model konseptual yang digambarkan dengan *causal loop* diagram menunjukkan bahwa industri oleokimia memiliki dipengaruhi oleh pasar ekspor dan konsumsi domestik. Pengembangan industri oleokimia membutuhkan dukungan industri hilir berupa ketersediaan minyak sawit mentah (*crude palm oil*), lahan sawit dan kesediaan pelaku industri (*business actor willingness*). Penelitian tentang industri turunan kelapa sawit masih perlu dianalisis lebih lanjut pada faktor kesediaan (*willingness*) pelaku industri dan dinamika harga oleokimia untuk mendorong tumbuhnya pasar oleokimia berbasis minyak sawit. Penelitian ini memiliki keterbatasan dalam menghubungkan faktor internal dan eksternal dalam satu konseptual model untuk diketahui hambatan dan skenario yang sesuai untuk mendukung peningkatan industri oleokimia. Penelitian ini masih membutuhkan penelitian lanjutan berupa model simulasi untuk mengetahui secara kuantitatif potensi oleokimia di masa mendatang serta hamatan pengembangan industri sehingga dapat diantisipasi sejak awal.

Daftar Pustaka

- Aisyah, D. D., Irham, & Mulyo, J. H. (2021). How does willingness and ability to pay of palm oil smallholders affect their willingness to participate in Indonesian sustainable palm oil certification? Empirical evidence from North Sumatra. *Open Agriculture*, 6(1), 369–381. <https://doi.org/10.1515/opag-2021-0019>
- Astria, N., Dachyar, M., & Nurcahyo, R. (2021). *System Dynamics Modelling Approach for Palm Oil Supply Chain under Various Policy Interventions : A Case Study in Indonesia ' s Private Company*. 1760–1771.
- Azahari, D. H. (2019). Palm Oil Downstream Industry: Performance, Constraints, and Prospects. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 36(2), 81. <https://doi.org/10.21082/fae.v36n2.2018.81-95>
- Bin, F., Nasution, B., & Erne, N. (2017). *Conceptual Framework for Public Policymaking based on System Dynamics and Big Data*. September, 19–21.
- Coyle, G. (2000). Qualitative and quantitative modelling in system dynamics: Some research questions. *System Dynamics Review*, 16(3), 225–244. [https://doi.org/10.1002/1099-1727\(200023\)16:3<225::AID-SDR195>3.0.CO;2-D](https://doi.org/10.1002/1099-1727(200023)16:3<225::AID-SDR195>3.0.CO;2-D)
- Dharmayanti et al. (2017). *Optimization Model of Industrial Capacity in Sei Mangke Plam Oil Based Industrial Cluster*. 27(3), 242–252. <https://doi.org/10.24961/j.tek.ind.pert.2017.27.3.242>
- Ernah, Parvathi, P., & Waibel, H. (2016). Adoption of Sustainable Palm Oil Practices by Indonesian Smallholder Farmers. *Southeast Asian Economies*, 33(3), 291–316. <https://doi.org/10.1355/ae33-3b>
- Forrester, J. W. (1994). System dynamics, systems thinking, and soft OR. *System Dynamics Review*, 10(2–3), 245–256. <https://doi.org/10.1002/sdr.4260100211>
- Gapki. (2019). *Kinerja Industri Kelapa Sawit 2019*.
- Hidayat, S., Nurhasanah, N., & Prasongko, R. A. (2014). *Formulasi nilai tambah pada rantai pasok minyak sawit*. 13(1), 576–587.
- Husin, D. (2019). *Evaluation of Establishment of Oleochemical Industry in Special Economic Zone in Aceh Using SWOT Analysis*. <https://doi.org/10.4108/eai.20-1-2018.2281953>

- Hutabarat, S., Slingerland, M., Rietberg, P., & Dries, L. (2018). Costs and benefits of certification of independent oil palm smallholders in Indonesia. *International Food and Agribusiness Management Review*, 21(6), 681–700. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2016.0162>
- Kementerian Perindustrian. (2015). *Rencana Induk Pembangunan Industri Nasional Tahun 2015 - 2035*.
- Nababan, E. S. M., Delvian, D., & Siahaan, N. (2017). Environmental performance indicators of oleo-chemical based industrial park in indonesia: The conceptual model. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12(21), 11614–11623.
- Othman, N., Tahir, M. S., & Joremi, L. (2022). On the duration of trade competitiveness: the case of the Malaysian palm-based oleochemical industry. *Heliyon*, 8(11), e11903. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11903>
- Rofiqi et al. (2016). Strategi Percepatan Pengembangan Industri Turunan Minyak Sawit Mentah (Msm) Di Indonesia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 26(3), 246–254.
- Rupilius, W., & Ahmad, S. (2007). Palm oil and palm kernel oil as raw materials for basic oleochemicals and biodiesel. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109(4), 433–439. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200600291>
- Sawit Indonesia. (2022). Ekspor Oleokimia. 135. <https://sawitindonesia.com/>
- Simanjuntak, A. R. (2022). Persaingan Produk Turunan CPO Indonesia dan Malaysia di. *Pasar Internasional Jurnal AGROTRISTEK*, 1(1), 1–16.
- Syahza, A. (2013). Potensi pengembangan industri kelapa sawit 1. *J. Penelitian MP3EI*, 1(1), 1–10.
- Tambun, R., Ferani, D. G., Afrina, A., Tambun, J. A. A., & Tarigan, I. A. A. (2019). Fatty Acid Direct Production from Palm Kernel Oil. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 505(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/505/1/012115>
- Vijayakumar, S. A., Rahim, S. A., Ahmi, A., Rahman, N. A. A., & Mazlan, A. U. (2020). Factors influencing sustainable supplier selection: Evidence from palm oil refining and oleochemical manufacturing industry. *International Journal of Supply Chain Management*, 9(1), 437–446.
- Yuhendra, A. (2017). Analisis Determinan Dan Daya Saing Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia Di Pasar Dunia. *Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE) No 1*, 8(ISSN 2087-409X), 47–61. <https://ijae.ejournal.unri.ac.id/index.php/IJAE/article/view/5963/5497>
- Zuhdi, D. A. F., Abdullah, M. F., Suliswanto, M. S. W., & Wahyudi, S. T. (2021). The Competitiveness of Indonesian Crude Palm Oil in International Market. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 19(1), 111–124. <https://doi.org/10.29259/jep.v19i1.13193>