

Integrasi Ekonomi Sirkular dalam Industri Kimia untuk Pembangunan Berkelanjutan: Tinjauan Literatur

Lintang Rizkyta Ananda^{1*}, Rendy Mukti², Rizki Triguna³, Robby Mubarok⁴
¹⁻⁴Universitas Setia Budi Rangkasbitung, Indonesia

Korespondensi penulis: lintangrizkyta21@gmail.com *

Abstract. *This study aims to explore the integration of circular economy in the chemical industry over the past decade, specifically from 2015 to 2025, using the systematic literature review (slr) method. data were analyzed using the prisma flow diagram, which maps inclusion activities and search results. journal articles were identified from the sciencedirect database. out of a total of 34,885 articles spanning 10 disciplines, the research focus was narrowed down to chemical engineering. Following a selection process from 3,819 articles, 1,027 articles were identified as meeting the criteria for further analysis. Articles that fulfilled the inclusion criteria were then selected for in-depth review. The study results indicate that research on the circular economy in the chemical industry has experienced rapid growth and has become a significant trend, driving the industry's attention toward environmental impact. Data analysis shows that 2024 recorded the highest number of article publications, with a total of 438 articles, while the article with the highest number of citations was published in 2022, with 333 citations. Most of the articles were published in the journal sustainable production and consumption, highlighting the integration of the circular economy with the chemical industry. The approaches discussed include circular carbon economy (cce), 9r strategies, zero-waste approach, nutrient circular economy, and digital product passports, aimed at reducing waste, optimizing resource utilization, and creating sustainable systems.*

Keywords: *Circular Economy, Chemical Industry, Sustainable Development*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi integrasi ekonomi sirkular dalam industri kimia selama satu dekade terakhir, yakni dari tahun 2015 hingga 2025, dengan menggunakan metode systematic literature review (slr). Data dianalisis menggunakan diagram alir prisma, yang memetakan aktivitas inklusi dan hasil pencarian. artikel jurnal yang diidentifikasi berasal dari database sciencedirect. dari total 34.885 artikel yang mencakup 10 disiplin ilmu, fokus penelitian dikerucutkan pada chemical engineering. Setelah melalui proses seleksi dari 3.819 artikel, terpilih 1.027 artikel memenuhi kriteria untuk dianalisis lebih lanjut. artikel yang sesuai dengan kriteria inklusi kemudian dipilih untuk ditinjau secara mendalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kajian terkait ekonomi sirkular dalam industri kimia mengalami perkembangan pesat dan telah menjadi tren penting, mendorong perhatian industri terhadap dampak lingkungan. analisis data menunjukkan bahwa tahun 2024 mencatat jumlah publikasi artikel terbanyak, yaitu sebanyak 438 artikel, sementara artikel dengan jumlah sitasi tertinggi ditemukan pada tahun 2022 dengan total 333 sitasi. sebagian besar artikel diterbitkan dalam jurnal sustainable production and consumption, yang menyoroti integrasi ekonomi sirkular dengan industri kimia. pendekatan yang dibahas mencakup circular carbon economy (cce), strategi 9r, pendekatan nol limbah (zero-waste approach), nutrient circular economy, dan digital product passports, untuk mengurangi limbah, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan menciptakan sistem yang berkelanjutan.

Kata kunci: Ekonomi Sirkular, Industri Kimia, Pembangunan Berkelanjutan

1. PENDAHULUAN

Permasalahan lingkungan yang semakin kompleks akibat eksploitasi sumber daya alam, peningkatan emisi karbon, dan tingginya volume limbah telah mendorong dunia untuk mencari solusi yang lebih berkelanjutan (Provin et al., 2021). Salah satu pendekatan yang muncul sebagai jawaban atas tantangan ini adalah konsep ekonomi sirkular (*Circular Economy*). Konsep ini tentunya terdapat perbedaan dengan ekonomi linier yang hanya fokus pada pola "ambil-gunakan-buang," ekonomi sirkular menawarkan sistem yang dirancang untuk meminimalkan limbah, memaksimalkan pemanfaatan sumber daya, serta menciptakan siklus hidup produk yang berkelanjutan (Kümmerer et al., 2020). Penerapan ekonomi sirkular tidak hanya relevan untuk mengatasi krisis lingkungan, tetapi

juga mendukung upaya global dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) (Khajuria et al., 2022).

Industri kimia, sebagai salah satu sektor strategis yang memberikan kontribusi besar terhadap berbagai sektor ekonomi dan teknologi, memiliki peran penting dalam mewujudkan prinsip-prinsip ekonomi sirkular (Provin et al., 2021). Namun, sektor ini juga dikenal sebagai salah satu penyumbang utama emisi gas rumah kaca, polusi lingkungan, dan limbah berbahaya. Oleh karena itu, integrasi ekonomi sirkular dalam industri kimia menjadi langkah krusial untuk mengurangi dampak lingkungan sekaligus menciptakan sistem produksi yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Yang et al., 2023). Pendekatan seperti *Circular Carbon Economy (CCE)*, strategi 9R, *Zero-Waste Approach*, dan inovasi lainnya menjadi bagian penting dalam mendorong transformasi industri ini menuju keberlanjutan.

Dalam konteks perkembangan ilmu pengetahuan, literatur akademik memainkan peran vital dalam memahami tren, tantangan, dan peluang dalam mengadopsi ekonomi sirkular di industri kimia. Seperti studi literatur mengenai ekonomi sirkular dalam sektor agro-pangan pada 87 artikel dengan menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* yang fokus membahas analisis implementasi model ekonomi sirkular di rantai pasok agro-pangan. Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian tersebut sebagian besar menggunakan studi kasus, wawancara, dan analisis lapangan (76%), serta sebagian lainnya menggunakan survei (3%), ulasan kebijakan (13%), dan tinjauan literatur (8%). Adapun ekonomi sirkular yang digunakan adalah *Life Cycle Assessment (LCA)* menjadi alat analisis yang paling sering digunakan (37.93%), diikuti oleh kombinasi alat lainnya seperti LCA dengan LCC (*Life Cycle Costing*), dan WFA (*Water Footprint Assessment*). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa ekonomi sirkular mampu menunjukkan pengurangan limbah dan efisiensi sumber daya di rantai pasok agro-pangan melalui teknologi pengolahan limbah (seperti anaerobic digestion dan produksi pakan hewan) berpotensi untuk mengurangi dampak lingkungan. (Esposito et al., 2020).

Oleh karena itu, artikel ini bertujuan untuk mengeksplorasi integrasi ekonomi sirkular dalam industri kimia selama satu dekade terakhir (2015–2025) melalui metode *Systematic Literature Review (SLR)* dengan PRISMA (*preferred Reporting Elements for tinjauan sistematis dan meta-analisis*). Berbagai kajian mengenai penerapan *green chemistry* sudah banyak ditemukan dan tersebar di berbagai disiplin ilmu, namun yang kajian terbaru tentang penerapan *green chemistry* di industri belum banyak dilakukan. Perbedaan antara penelitian ini dan penelitian sebelumnya adalah sangat sedikit penelitian yang menganalisis tren publikasi terkait penerapan kimia hijau dalam industri selama dekade terakhir. Selain itu, perbedaan penelitian ini juga terletak pada teknik analisis dan kriteria inklusi yang digunakan. Kajian ini bertujuan untuk memberikan gambaran mendalam tentang

kontribusi penelitian terhadap implementasi ekonomi sirkular, perkembangan publikasi dalam bidang ini, dan inovasi yang dihasilkan untuk mendukung keberlanjutan. Hasil dari tinjauan ini diharapkan dapat memberikan wawasan strategis bagi industri, pembuat kebijakan, dan akademisi dalam mengoptimalkan penerapan ekonomi sirkular untuk mencapai pembangunan berkelanjutan.

2. METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini mengadopsi pendekatan tinjauan literatur dengan metode *Systematic Literature Review* (SLR) untuk mengidentifikasi, mengklasifikasikan, dan menginterpretasikan temuan penelitian berdasarkan kriteria inklusi (Sukumar et al., 2023). Proses seleksi dilakukan menggunakan diagram PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses*), yang memvisualisasikan tahapan memasukkan dan mengeluarkan data hasil pencarian (Stovold et al., 2014). Sebagai bagian dari analisis, penelitian ini juga mengevaluasi sebaran geografis penulis, jumlah sitasi artikel, serta metode dan hasil penelitian terkait penerapan Ekonomi Sirkular.

Kriteria Inklusi

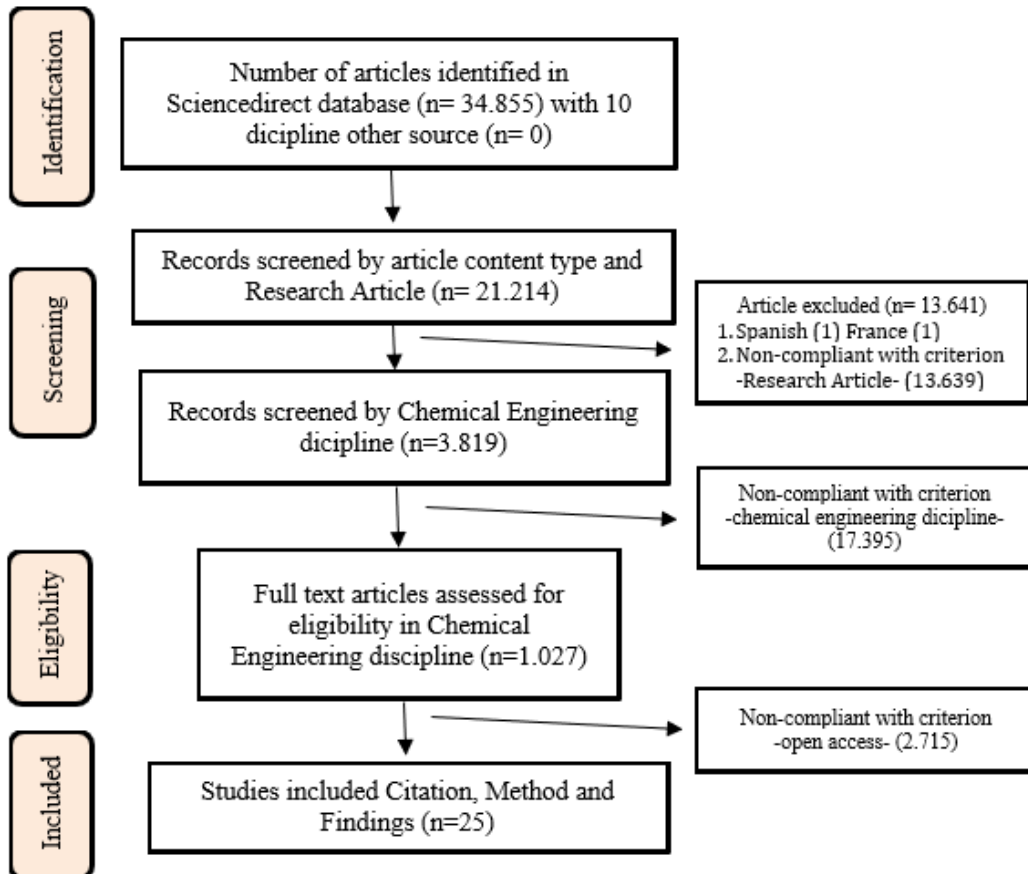
Kriteria inklusi mencakup artikel jurnal yang diterbitkan dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir, yakni dari Januari 2015 hingga Januari 2025, yang diperoleh dari database Scencedirect. Istilah pencarian yang digunakan adalah “*Circular Economy in Chemical Industry*” pada judul, abstrak, dan kata kunci. Penelitian hanya mencakup artikel jurnal yang tersedia dalam akses terbuka, ditulis dalam bahasa Inggris, dan berasal dari bidang Teknik Kimia (*Chemical Engineering*). Artikel berupa prosiding konferensi, pratinjau, buku, maupun bab buku tidak termasuk dalam analisis.

Analisis Data

Istilah pencarian “*Circular Economy in Chemical Industry*” digunakan untuk memperoleh artikel yang relevan. Identifikasi judul, abstrak, dan kata kunci dilakukan secara manual untuk memastikan kesesuaian artikel dengan tujuan penelitian. Database Scencedirect dipilih karena reputasinya sebagai platform utama untuk publikasi ilmiah di bidang sains, teknologi, dan kedokteran yang dikelola oleh Elsevier (Elsevier, 2025).

Fokus disiplin ilmu pada Teknik Kimia didasarkan pada keterkaitan erat antara penerapan Ekonomi Sirkular dengan kegiatan industri kimia serta dampaknya terhadap lingkungan. Dari pencarian awal, ditemukan 34.855 referensi. Seleksi awal menyisakan 21.216 artikel penelitian. Setelah disaring untuk artikel berbahasa Inggris, jumlahnya menjadi 21.214, yang tersebar dalam 10 disiplin ilmu. Selanjutnya, hanya artikel dengan akses terbuka yang dipilih, menghasilkan 7.291 artikel. Dari jumlah tersebut, 1.027 artikel yang terkait bidang Teknik Kimia dipilih untuk analisis lebih lanjut.

Peneliti kemudian mempersempit pilihan dengan fokus pada artikel yang lebih spesifik, relevan, dan sesuai dengan penerapan Ekonomi Sirkular di industri kimia selama satu dekade terakhir. Artikel terpilih diperiksa ulang melalui pembacaan abstrak dan teks lengkap untuk memastikan kepatuhan terhadap kriteria inklusi dan menghindari duplikasi. Seluruh dokumen yang lolos seleksi diperiksa relevansinya terhadap pertanyaan penelitian utama. Jika terdapat keraguan, dilakukan tinjauan independen. Hasil akhir seleksi menghasilkan 25 artikel yang paling relevan, yang kemudian dianalisis lebih mendalam. Proses seleksi ini dijelaskan secara terperinci melalui diagram PRISMA.



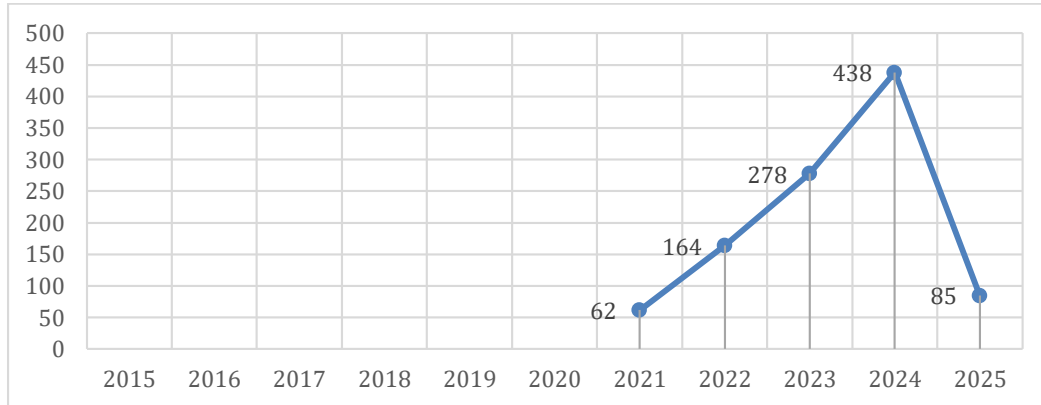
Gambar 1. Alur seleksi artikel jurnal

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis *Systematic Literature Review* (SLR) pada artikel jurnal yang terdapat di database *Science Direct* selama rentang waktu 2015–2025 disajikan dalam 3 bagian, yang meliputi distribusi publikasi artikel jurnal per tahun, distribusi jumlah sitasi artikel jurnal, serta metode dan temuan penelitian terkait dengan Ekonomi Sirkular di industry kimia atau *Circular Economy in Chemical Industry*.

a. Distribusi Publikasi Artikel Jurnal Per Tahun

Variabel pertama pada penelitian ini menunjukkan distribusi publikasi artikel jurnal terkait integrasi Ekonomi Sirkular di industry kimia atau *Circular Economy in Chemical Industry* pada periode Januari 2015 hingga Januari 2025, dan disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Distribusi publikasi artikel jurnal per tahun

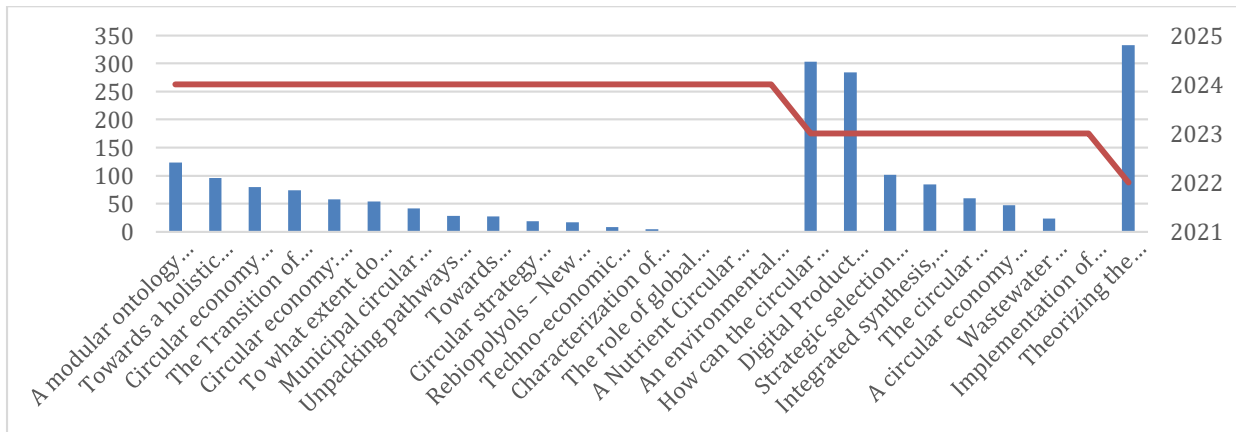
Berdasarkan hasil analisis distribusi publikasi per tahun, diketahui terdapat peningkatan jumlah publikasi selama 10 tahun terakhir, sejak Januari 2015 sampai Januari 2025. Jumlah publikasi artikel jurnal mengenai Sirkular Ekonomi di industry kimia atau *Circular Economy in Chemical Industry* terbanyak ditunjukkan pada tahun 2024 dengan jumlah 438 artikel jurnal, terbanyak berikutnya ditemukan pada tahun 2023 sebanyak 278 artikel dan pada tahun 2022 sebanyak 164 artikel jurnal, sedangkan pada tahun 2025 hanya terdapat 85 artikel jurnal dan pada tahun 2021 ditemukan sebanyak 62 artikel. pada rentang tahun 2015 sampai tahun 2020 tidak ditemukan publikasi ilmiah mengenai sirkular ekonomi. Hal ini menunjukkan bahwa tren mengenai ekonomi sirkular yang diterapkan di industry kimia sudah dimulai sejak tahun 2021. Berbagai artikel jurnal yang yang diperoleh selama satu dekade terakhir sebagian besar berasal dari jurnal yang sama yaitu *Sustainable Production and Consumption*. Berdasarkan grafik distribusi artikel jurnal per tahun secara keseluruhan menunjukkan bahwa penelitian mengenai integrasi ekonomi sirkular di industri kimia sudah menjadi tren karena selalu ada peningkatan jumlah publikasi setiap tahunnya walaupun terdapat penurunan karena perhitungan yang dilakukan hanya sampai di awal tahun 2025 dan tidak begitu mempengaruhi tren publikasi per tahunnya.

Penelitian ini telah berhasil menyajikan gambaran yang komprehensif dari studi literatur sebelumnya dan dapat membantu peneliti dan praktisi memahami perkembangan penelitian mengenai integrasi ekonomi sirkular dalam industri kimia yang lebih lanjut. Berdasarkan hasil analisis, terlihat jelas adanya peningkatan yang signifikan pada volume publikasi selama 10 tahun terakhir, walaupun pada awalnya masih belum banyak publikasi ilmiah mengenai ekonomi sirkular dalam rentang waktu 2015 sampai 2020, namun tren ini kian meningkat dari tahun ke tahun sejak tahun 2021. Temuan

pada peningkatan publikasi ini sejalan dengan hasil studi literatur mengenai penerapan *Circular Economy (CE)* pada 61 artikel sejak tahun 2000 hingga 2019 melalui database Web of Science (WoS) and Scopus yang melaporkan adanya peningkatan pesat dalam volume publikasi artikel dari tahun ke tahun dalam hal melakukan peninjauan sistematis terhadap indikator yang digunakan untuk mengukur ekonomi sirkular (*Circular Economy* atau CE). Artikel ini menyoroti fokus utama ekonomi sirkular dalam hal mengidentifikasi dan mengklasifikasikan indikator CE pada tiga tingkat spasial (micro, meso, macro), menganalisis kerangka kerja, metode pengukuran, dan tantangan dalam mengevaluasi kinerja CE, dan menyediakan wawasan tentang tren penelitian, pengelompokan indikator, dan saran untuk penelitian masa depan, sehingga mampu memperkenalkan kerangka baru untuk menyusun informasi terkait indikator CE, mencakup metode pengukuran, skala, normalisasi, dan agregasi pada ketiga tingkat spasial tersebut (De Pascale et al., 2021). Oleh karena itu, hal ini menunjukkan bahwa penerapan ekonomi sirkular telah hadir menjadi sebuah tren dalam penelitian, khususnya dalam industri kimia karena dianggap mampu menghadirkan referensi terkini terkait dengan proses industri yang aman dan berkelanjutan. Dengan demikian, jumlah publikasi mengenai integrasi ekonomi sirkular dalam industri kimia diprediksi akan meningkat secara signifikan dari tahun ke tahun.

b. Distribusi Jumlah Sitasi Artikel Jurnal

Variabel kedua mengenai distribusi jumlah sitasi artikel jurnal, dapat diketahui dari 25 artikel jurnal yang telah dianalisis, hasilnya disajikan dalam gambar 3.



Gambar 3. Distribusi jumlah sitasi artikel jurnal

Berdasarkan hasil analisis pada distribusi jumlah sitasi artikel jurnal selama satu dekade terakhir dari 2015 sampai 2025 dalam jurnal *Sustainable Production and Consumption*, dapat diketahui bahwa jumlah sitasi terbanyak ditemukan pada salah satu artikel jurnal yang terbit di tahun 2022 dengan total jumlah 333 sitasi. Jumlah sitasi terbanyak berikutnya terdapat pada dua artikel jurnal yang terbit di tahun 2023 dengan jumlah 303 dan 284 sitasi. Sitasi terbanyak berikutnya

terdapat pada salah satu artikel jurnal yang terbit di tahun 2024 dengan total jumlah 123 sitasi. Jumlah sitasi artikel jurnal terbanyak berikutnya terdapat di tahun 2023 dengan jumlah 101 sitasi.

Adapun jika diurutkan berdasarkan 5 peringkat jumlah sitasi terbanyak, maka diperoleh 5 artikel jurnal dengan peringkat pertama ditunjukkan oleh hasil penelitian Viles E, dkk pada tahun 2022 mengenai prinsip-prinsip ekonomi sirkular dalam proses produksi di industry 4.0 dengan jumlah sitasi 333. Peringkat berikutnya memiliki jumlah sitasi 303 yang penelitiannya dilakukan oleh Gracia, dkk pada tahun 2023 mengenai strategi ekonomi sirkular yang mendukung pembangunan berkelanjutan atau *Sustainable Development Goals* (SDG) khususnya pada poin 8, 12, dan 13. Peringkat berikutnya dengan jumlah 284 sitasi terdapat pada penelitian mengenai instrumen paspor produk digital untuk mendukung sistem ekonomi sirkular di industri melalui penerapan rantai pasok tertutup (*closed-loop supply chain*), yang dilakukan oleh Foldager, dkk pada tahun 2023. Sitasi terbanyak berikutnya terdapat pada artikel jurnal yang dilakukan oleh Kebede, dkk di tahun 2024 mengenai pendekatan modular ontologi dapat meningkatkan interoperabilitas dan pengelolaan informasi dalam *Digital Product Passports* (DPP) dengan jumlah sitasi 123. Jumlah sitasi terbanyak berikutnya terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh Maaskant, dkk di tahun 2023 mengenai penggunaan polimer *biobased* yang dapat menggantikan plastik berbasis fosil pada produk tertentu seperti botol minuman dan bantal, dengan jumlah sitasi 101.

Adanya fluktuasi pada jumlah sitasi artikel jurnal di tiap tahunnya ini menjadi perhatian bahwa masih diperlukan publikasi artikel jurnal yang lebih relevan dengan kondisi dan kebutuhan industri saat ini. seperti hasil penelitian yang menunjukkan bahwa diperlukannya saat ini industri kimia harus menerapkan konsep energi terbarukan termasuk menerapkan prinsip ekonomi sirkular agar menghasilkan sinergitas yang lebih ramah lingkungan antara kawasan industri dengan lingkungan masyarakat (Mohan & Katakajwala, 2021).Tentunya dalam hal ini sejalan dengan hasil sitasi artikel jurnal terbanyak yang membahas tentang pentingnya menerapkan Ekonomi Sirkular dalam rangka mengimplementasikan prinsip *Circular Economy* khususnya dalam ruang lingkup industri kimia, sehingga ini mampu menjadi peluang untuk para peneliti kedepannya agar menghasilkan penelitian yang lebih lengkap dan komprehensif sepanjang tahun.

c. Metode dan Temuan Penelitian

Variabel ketiga yaitu mengenai metode dan temuan penelitian. Dari 1.027 artikel jurnal yang diseleksi menjadi 25 artikel yang sesuai untuk dianalisis, kemudian dipilih beberapa artikel pada 5 peringkat teratas jumlah sitasi terbanyak untuk dapat dijelaskan lebih lanjut terkait metode dan juga temuan penelitian. Adapun data dari 25 artikel jurnal yang telah dianalisis disajikan dalam tabel berikut.

Tabel 1. Hasil analisis artikel jurnal

No.	Judul	Penulis	Tahun	Jumlah Sitasi	Negara Asal Penulis Utama
1	Theorizing the Principles of Sustainable Production in the Context of Circular Economy and Industry 4.0	Elisabeth Viles, Florencia Kalemkerian, Jose Arturo Garza-Reyes, Jiju Antony, Javier Santos	333	2022	Spain
2	How can the circular economy support the advancement of the Sustainable Development Goals (SDGs)? A comprehensive analysis	Cris Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano, Pouya Samani, Yvonne van der Meer	303	2023	Netherlands
3	Digital Product Passports for a Circular Economy: Data Needs for Product Life Cycle Decision-Making	Steffen Foldager Jensen, Jesper Hemdrup Kristensen, Sofie Adamsen, Andreas Christensen, Brian Vejrum Waehrens	284	2023	Denmark
4	A modular ontology modeling approach to developing digital product passports to promote circular economy in the built environment	Rahel Kebede, Annika Moscati, He Tan, Peter Johansson	123	2024	Sweden
5	Strategic selection tool for thermoplastic materials in a renewable circular economy: Identifying future circular polymers	Evelien Maaskant, Wouter Post, Marieke T. Brouwer, Daan S. van Es, Eggo U. Thoden van Velzen	101	2023	Netherlands
6	Towards a holistic assessment of circular economy strategies: The 9R circularity index	Santiago Muñoz, M. Reza Hosseini, dan Robert H. Crawford	96	2024	Australia
7	Integrated synthesis, modeling, and assessment (iSMA) of waste-to-resource alternatives towards a circular economy: The case of the chemical recycling of plastic waste management	Adrian Pacheco-López, Edward Gómez-Reyes, Moisés Graells, Antonio Espuña, Ana Somoza-Tornos	84	2023	Spain
8	Circular economy and agriculture: Mapping circular practices, drivers, and barriers for traditional table-olive groves	María Magdalena Martínez-Moreno, Eva M ^a Buitrago, Rocío Yñiguez, Miguel Puig-Cabrera	80	2024	Spain
9	The Transition of Ghana's Cooling Appliance Sector to a Circular Economy via a Small Wins Governance Framework	Sascha Kuhn, Richard Opoku, Desmond Delali Diaba, Kofi A. Agyarko, Babette Never	74	2024	Germany
10	The circular economy potential of reversible bonding in smartphones	Alexej Parchomenko, Stefanie De Smet, Emma Pals, Ive Vanderreydt, Wim Van Opstal	60	2023	Belgium
11	<i>Circular economy: Extending end-of-life strategies.</i>	Waqas Ahmed, Vanajah Siva, Jenny Bäckstrand, Niklas Sarius, Hans-Åke Sundberg	58	2024	Sweden
12	To what extent do geopolitical conditions affect the environmental sustainability of the circular economy? A comparative LCA study of lactic acid production in Denmark and Iran	Hadis Marami, Panagiotis Tsapekos, Ali Adiby, Morten Birkved, Merlin Alvarado-Morales, Zengshuai Zhang, Irini Angelidaki, Sahar Khademi, Ali Motevali, Benyamin Khoshnevisan	54	2024	Iran
13	A circular economy strategy for valorizing industrial saline wastewaters: Techno-economics and environmental impacts	Alba Roibás-Rozas, Mateo Saavedra del Oso, John A. Posada, Anuska Mosquera-Corral, Almudena Hospido	47	2023	Spain

14	Municipal circular economy indicators: Do they measure the cities' environmental ambitions?	Mira Kopp, Anna Petit-Boix, Sina Leipold	41	2024	Jerman
15	Unpacking pathways to a circular economy: A study of packaging innovations in Germany	Machteld Catharina Simoens	28	2024	Swiss
16	Towards digitalization of the circular economy in the furniture industry	Fabian Wulf, Lisa Hagedorn, Leo Munier, Juliane Balder, Caroline Mathi, Rainer Stark, Alexander Pfriem	27	2024	Jerman
17	Wastewater treatment in coke plants in the aspect of a circular economy	Marzena Smol, Maria Włodarczyk-Makuła, Jolanta Kozak	23	2023	Polandia
18	Circular strategy assessment for digital services: The CADiS framework	Raphael Ricardo Zepon Tarpani, Joan Manuel F. Mendoza, Laura Piedra-Muñoz, Alejandro Gallego-Schmid	19	2024	Inggris
19	Rebiopolyols – New components for the synthesis of polyurethane biofoams in line with the circular economy concept	Maria Kurańska, Hynek Benes, Olga Kockova, Michał Kucała, Elżbieta Malewska, Beata Schmidt, Sławomir Michałowski, Marcin Zemła, Aleksander Prociak	17	2024	Polandia
20	Techno-economic analysis and process simulation of alkoxyated surfactant production in a circular carbon economy framework	Oliver J. Fisher, Jhuma Sadhukhan, Thorin Daniel, Jin Xuan	8	2024	Inggris
21	Characterization of metallic nanoparticles synthesized via green synthesis from <i>Viola odorata</i> and their application in azo-dye biodegradation: A circular economy approach	Muhammad Ridwansyah	4	2024	Indonesia
22	The role of global waste management and circular economy towards carbon neutrality	Phyo Zaw Oo, Trakarn Prapasongsa, Vladimir Strezov, Nazmul Huda, Kazuyuki Oshita, Masaki Takaoka, Jun Ren, Anthony Halog, Shabbir H. Gheewala	0	2024	Thailand
23	A Nutrient Circular Economy Framework for Wastewater Treatment Plants	Allan Soo, Ho Kyong Shon	0	2024	Australia
24	An environmental assessment framework for circular steel products	Wiebke Hagedorn, Kathrin Greiff, Stefan Pauliuk	0	2024	Jerman
25	Implementation of digital technologies for a circular economy and sustainability management in the manufacturing sector	Josef-Peter Schöggel, Magdalena Rusch, Lukas Stumpf, Rupert J. Baumgartner	0	2023	Austria

Berdasarkan tabel hasil analisis di atas, diketahui bahwa dari 25 artikel jurnal mengenai penerapan *Circular Economy* di industri kimia sebagian besar terdapat pada jurnal *Sustainable Production and Consumption*. Pada artikel jurnal nomor 1, diketahui bahwa metode penelitian yang digunakan adalah Delphi Method dan Interpretive Structural Modeling (ISM) untuk menetapkan prinsip produksi berkelanjutan menurut para ahli dan untuk memahami hubungan antar prinsip yang dihasilkan, dengan temuan penelitiannya berupa konsep baru mengenai prinsip-prinsip ekonomi

sirkular yaitu 9R strategies (*Refuse, Rethink, Reduce, Reuse, Repair, Refurbish, Remanufacture, Repurpose, Recycle, Recover*) diterapkan untuk mendorong produksi sirkular (Viles et al., 2022).

Artikel nomor 2 menunjukkan penggunaan tiga tahap metode penelitian, diantaranya tahap argumentasi, *Pathway Formation* dan tahap validasi teoritis, untuk menganalisis hubungan strategi ekonomi sirkular (CE) dengan setiap target SDGs. Temuan penelitian ini menyarankan untuk lebih fokus pada strategi shareable longevity melalui pengurangan, regenerasi, penggunaan kembali, perbaikan, daur ulang, pemulihan, dan sirkulasi kembali. Strategi ini memiliki dampak terbesar dalam memperpanjang siklus hidup produk dan mengurangi konsumsi sumber daya (Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano et al., 2023).

Pada artikel nomor 3, terlihat bahwa metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian yang digunakan yaitu Studi kasus berganda yang mencakup wawancara dengan berbagai pelaku rantai pasok seperti pelanggan, penyedia layanan, produsen, pemasok, dan perusahaan daur ulang pihak ketiga. Adapun hasil penelitian ini berhasil mengembangkan penerapan rantai pasok tertutup (*closed-loop supply chain*) dengan melibatkan strategi seperti pemakaian ulang, perbaikan, remanufaktur, dan daur ulang untuk mengoptimalkan nilai material sepanjang siklusnya (Jensen et al., 2023).

Artikel nomor 4 menunjukkan bahwa metode penelitian yang digunakan yaitu Pendekatan berbasis modular ontology melalui Literatur review dari 25 makalah dengan metode wawancara semi-terstruktur dengan 8 peserta dari berbagai sektor (peneliti, konsultan BIM, ahli keberlanjutan, manajer fasilitas, dll). Adapun hasil penelitian ini berhasil mengembangkan fokus penerapan *digital product passports* untuk mendukung ekonomi sirkular di sektor lingkungan terbangun. Elemen utama ekonomi sirkular yang ditekankan adalah *Circular design practices* dan *Reverse logistics* (Kebede et al., 2024).

Pada artikel nomor 5, metode penelitian yang digunakan ialah Pengembangan alat seleksi strategis berbasis data untuk memilih bahan termoplastik biobased. Alat ini mengintegrasikan dua jalur analisis: dari perspektif produk konsumen cepat habis (FMCGs) dan dari perspektif plastik *biobased* dengan menggunakan parameter teknis dan kemampuan pengelolaan akhir daur hidup (*End-of-Life/EOL*). Hasil penelitian ini berfokus pada penggunaan bahan *biobased* yang dapat dikelola melalui berbagai rute EOL seperti daur ulang mekanis, daur ulang kimia, pengomposan industri, pencernaan anaerobik, dan biodegradasi alami (Maaskant et al., 2023).

Dari 25 artikel jurnal tentang penerapan *Circular Economy* (CE) di industri kimia tersebut menunjukkan bahwa berbagai pendekatan penelitian telah digunakan untuk mengembangkan konsep dan strategi yang mendukung produksi berkelanjutan. Hasil-hasil ini menekankan pentingnya desain ekonomi sirkular, logistik terbalik, dan pengelolaan akhir daur hidup material dalam mendukung

pembangunan keberlanjutan di industri kimia. Berbagai penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam mendorong ekonomi sirkular di berbagai sektor. Dengan beragam temuan yang inovatif dan aplikatif, hasil ini menunjukkan potensi besar ekonomi sirkular dalam mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan mendukung keberlanjutan global (Dahiya et al., 2020). Hal ini mampu mendorong ketertarikan para peneliti di masa mendatang untuk terus bereksplorasi dalam melakukan penelitian dalam bidang industri kimia, khususnya mengenai penerapan CE yang lebih komprehensif dan lebih mendalam.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan karakteristik artikel penelitian mengenai integrasi ekonomi sirkular di industri kimia atau *Circular Economy in chemical industry* disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

- Terdapat peningkatan signifikan dalam jumlah publikasi dan sitasi selama dekade terakhir, khususnya sejak 2021. Tahun 2024 mencatat jumlah publikasi tertinggi, sementara artikel dengan sitasi terbanyak berasal dari tahun 2022 dan 2023. Sebagian besar artikel diterbitkan dalam jurnal *Sustainable Production and Consumption*, menyoroti pentingnya platform ini dalam mempromosikan CE.
- Jumlah sitasi terbanyak ditemukan pada artikel jurnal di tahun 2022 sebanyak 333 sitasi. Jumlah sitasi terbanyak berikutnya terdapat pada dua artikel jurnal yang terbit di tahun 2023 masing-masing berjumlah 303 dan 284 sitasi, kemudian pada artikel di tahun 2024 dengan jumlah 123 sitasi, serta pada tahun 2023 dengan jumlah 101 sitasi.
- Metode penelitian yang banyak digunakan mencakup berbagai pendekatan metodologis, seperti Delphi Method, Interpretive Structural Modeling (ISM), dan studi kasus berganda. Temuan utama meliputi pengembangan strategi 9R, hubungan CE dengan target SDGs, penerapan rantai pasok tertutup (closed-loop supply chain), penggunaan Digital Product Passports untuk desain sirkular, serta alat seleksi strategis untuk material biobased. Penelitian ini menegaskan bahwa CE berperan penting dalam meningkatkan keberlanjutan melalui pengurangan konsumsi sumber daya, daur ulang, dan perpanjangan siklus hidup produk.

Secara keseluruhan, tren ini mencerminkan minat yang semakin besar terhadap integrasi CE di industri kimia sebagai bagian dari upaya global menuju pembangunan berkelanjutan. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat membahas kriteria inklusi lainnya agar studi literatur yang dilakukan mendapatkan hasil yang lebih komprehensif dan berguna sebagai referensi untuk mengetahui tren penelitian terkini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung penelitian ini, diantaranya kepada seluruh pihak yang terlibat dalam penelitian ini, khususnya kepada seluruh dosen pengajar di program studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Pertanian, Universitas Setia Budi Rangkasbitung. penelitian ini dilakukan secara mandiri dan tidak menggunakan dana hibah manapun.

REFERENSI

- Dahiya, S., Katakajwala, R., Ramakrishna, S., & Mohan, S. V. (2020). Biobased products and life cycle assessment in the context of circular economy and sustainability. *Materials Circular Economy*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s42824-020-00007-x>
- De Pascale, A., Arbolino, R., Szopik-Depczyńska, K., Limosani, M., & Ioppolo, G. (2021). A systematic review for measuring circular economy: The 61 indicators. *Journal of Cleaner Production*, 281, 124942. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124942>
- Elsevier. (2025, January 24). *Elsevier.com*. Retrieved from <https://www.elsevier.com/>
- Esposito, B., Sessa, M. R., Sica, D., & Malandrino, O. (2020). Towards circular economy in the agri-food sector: A systematic literature review. *Sustainability*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/SU12187401>
- Garcia-Saravia Ortiz-de-Montellano, C., Samani, P., & van der Meer, Y. (2023). How can the circular economy support the advancement of the Sustainable Development Goals (SDGs)? A comprehensive analysis. *Sustainable Production and Consumption*, 40, 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.07.003>
- Jensen, S. F., Kristensen, J. H., Adamsen, S., Christensen, A., & Waehrens, B. V. (2023). Digital product passports for a circular economy: Data needs for product life cycle decision-making. *Sustainable Production and Consumption*, 37, 242–255. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.02.021>
- Kebede, R., Moscati, A., Tan, H., & Johansson, P. (2024). A modular ontology modeling approach to developing digital product passports to promote circular economy in the built environment. *Sustainable Production and Consumption*, 48, 248–268. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.007>
- Khajuria, A., Atienza, V. A., Chavanich, S., Henning, W., Islam, I., Kral, U., Liu, M., Liu, X., Murthy, I. K., Oyedotun, T. D. T., Verma, P., Xu, G., Zeng, X., & Li, J. (2022). Accelerating circular economy solutions to achieve the 2030 agenda for sustainable development goals. *Circular Economy*, 1(1), 100001. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2022.100001>
- Kümmerer, K., Clark, J. H., & Zuin, V. G. (2020). Rethinking chemistry for a circular economy. *Science*, 367(6476), 369–370. <https://doi.org/10.1126/science.aba4979>
- Maaskant, E., Post, W., Brouwer, M. T., van Es, D. S., & Thoden van Velzen, E. U. (2023). Strategic selection tool for thermoplastic materials in a renewable circular economy: Identifying future circular polymers. *Sustainable Production and Consumption*, 38, 174–185. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.005>

- Mohan, S. V., & Katakowjwala, R. (2021). The circular chemistry conceptual framework: A way forward to sustainability in Industry 4.0. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 28, 100434. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.100434>
- Provin, A. P., Dutra, A. R. de A., de Sousa e Silva Gouveia, I. C. A., & Cubas, E. A. L. V. (2021). Circular economy for the fashion industry: Use of waste from the food industry for the production of biotextiles. *Technological Forecasting and Social Change*, 169, 120858. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120858>
- Stovold, E., Beecher, D., Foxlee, R., & Noel-Storr, A. (2014). Study flow diagrams in Cochrane systematic review updates: An adapted PRISMA flow diagram. *Systematic Reviews*, 3(1), 1–5. <https://doi.org/10.1186/2046-4053-3-54>
- Sukumar, V., Chinnusamy, S., Kumar, H., & Rathinam, S. (2023). Method development and validation of atorvastatin, ezetimibe, and fenofibrate using RP-HPLC along with their forced degradation studies and greenness profiling. *Green Chemistry Letters and Reviews*. <https://doi.org/10.1080/17518253.2023.2198651>
- Viles, E., Kalemkerian, F., Garza-Reyes, J. A., Antony, J., & Santos, J. (2022). Theorizing the principles of sustainable production in the context of circular economy and Industry 4.0. *Sustainable Production and Consumption*, 33, 1043–1058. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.08.024>
- Yang, M., Chen, L., Wang, J., Msigwa, G., Osman, A. I., Fawzy, S., Rooney, D. W., & Yap, P. S. (2023). Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues. *Environmental Chemistry Letters*, 21(1), 55–80. <https://doi.org/10.1007/s10311-022-01499-6>