

---

## STRATEGI PENGELOLAAN LIMBAH KONSTRUKSI BERBASIS KONSTRUKSI BERKELANJUTAN: *SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW*

Faluth Syifa Sadri<sup>1\*</sup>, Muhammad Dwi Bayu<sup>1</sup>, Pungky Dharma Saputra<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pertahanan, Kawasan IPSC Sentul Jl. Anyar, Sukahati,  
Kabupaten Bogor, Jawa Barat 16810  
e-mail : [faluthsyifa@gmail.com](mailto:faluthsyifa@gmail.com)

### ABSTRACT

*Construction waste management is a crucial issue in the construction industry, especially in Indonesia, which faces challenges in the reduction, reutilization, and recycling of building materials. Poorly managed construction waste can negatively impact the environment and project efficiency. Therefore, a comprehensive review of effective and sustainable construction waste management strategies is required. This research aims to identify, analyze, and summarize various approaches in construction waste management through the Systematic Literature Review (SLR) method. This method is used to systematically review relevant previous research results, so as to provide a comprehensive overview of the trends, challenges, and solutions that have been implemented in construction waste management. In this study, data was obtained from a review of 100 scientific journals that discuss construction waste and demolition waste management. The results showed that technology-based approaches, government policies, and the application of circular economy principles are the main factors in reducing the environmental impact of construction waste. In addition, collaboration between stakeholders, such as contractors, government, and communities, also plays an important role in the effectiveness of waste management. The findings of this study have significant implications for the development of sustainable construction policies and practices in Indonesia. It is hoped that the results of this study can serve as a basis for more effective decision-making in managing construction waste as well as encourage innovation in the recycling and reutilization system of building materials.*

**Keywords:** Construction Waste Management; Sustainable Construction; Systematic Literature Review; Circular Economy

### ABSTRAK

*Pengelolaan limbah konstruksi merupakan isu krusial dalam industri konstruksi, terutama di Indonesia, yang menghadapi tantangan dalam pengurangan, pemanfaatan kembali, dan daur ulang material bangunan. Limbah konstruksi yang tidak terkelola dengan baik dapat berdampak negatif terhadap lingkungan dan efisiensi proyek. Oleh karena itu, diperlukan kajian komprehensif mengenai strategi pengelolaan limbah konstruksi yang efektif dan berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan merangkum berbagai pendekatan dalam pengelolaan limbah konstruksi melalui metode Systematic Literature Review (SLR). Metode ini digunakan untuk menelaah secara sistematis hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan, sehingga dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai tren, tantangan, serta solusi yang telah diterapkan dalam pengelolaan limbah konstruksi. Dalam penelitian ini, data diperoleh dari tinjauan 100 jurnal ilmiah yang membahas pengelolaan limbah konstruksi dan limbah pembongkaran. Hasil kajian menunjukkan bahwa pendekatan berbasis teknologi, kebijakan pemerintah, serta penerapan prinsip ekonomi sirkular menjadi faktor utama dalam pengurangan dampak lingkungan dari limbah konstruksi. Selain itu, kolaborasi antara pemangku kepentingan, seperti kontraktor, pemerintah, dan masyarakat, juga memainkan peran penting dalam efektivitas pengelolaan limbah. Temuan penelitian ini memiliki implikasi signifikan bagi pengembangan kebijakan dan praktik konstruksi berkelanjutan di Indonesia. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi pengambilan keputusan yang lebih efektif dalam mengelola limbah konstruksi serta mendorong inovasi dalam sistem daur ulang dan pemanfaatan kembali material bangunan.*

**Kata kunci:** Pengelolaan Limbah Konstruksi; Konstruksi Berkelanjutan; Tinjauan Literatur Sistematis; Ekonomi Sirkular

## PENDAHULUAN

Limbah konstruksi dan pembongkaran (*Construction and Demolition Waste* atau C&DW) merupakan salah satu sumber utama pencemaran dalam industri konstruksi. Limbah ini berasal dari berbagai aktivitas pembangunan, renovasi, dan pembongkaran bangunan, yang apabila tidak dikelola dengan baik dapat berdampak negatif terhadap lingkungan serta menurunkan efisiensi sumber daya [1],

Secara umum, limbah konstruksi dan pembongkaran (C&DW) dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori utama, yaitu limbah *inert* (yaitu, pasir, batu bata, dan beton) dan limbah *non-inert* (yaitu, plastik, kaca, kertas, kayu, vegetasi, dan bahan organik lainnya) [2]. Limbah inert lebih stabil dan berpotensi untuk didaur ulang sebagai material konstruksi, sementara limbah non-inert memerlukan pengolahan lebih lanjut sebelum dapat dimanfaatkan kembali atau dibuang dengan aman. Pengelolaan yang tidak efektif dapat meningkatkan pencemaran dan kebutuhan lahan pembuangan, sehingga strategi yang tepat diperlukan untuk mengurangi dampaknya.

Meskipun berpotensi tinggi untuk daur ulang di pasar agregat, sebagian besar berakhir di tempat pembuangan sampah C & D, dan hambatan untuk pemulihan material masih ada [3]. Secara global, limbah dari aktivitas konstruksi dan pembongkaran menjadi penyumbang terbesar, mencakup sekitar 30-40% dari total limbah padat [4]. Menurut data BPS, dari 29 juta ton limbah di Indonesia pada 2021, hanya sekitar 14,96 juta ton yang terkelola. Limbah konstruksi dan pembongkaran telah menarik perhatian di berbagai pelosok dunia yang berasal dari aktivitas proyek konstruksi karena kegiatan pembukaan lahan dan penggalian, kegiatan renovasi dan pembongkaran, renovasi dan pemeliharaan struktur, seperti bangunan

perumahan dan komersial, jalan, jembatan, dan utilitas. Masalah ini berdampak negatif pada lingkungan, sosial, dan ekonomi, namun belum menjadi prioritas utama di Indonesia.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penulis melakukan review penelitian yang membahas lebih komprehensif faktor-faktor maupun metode yang mempengaruhi pengelolaan limbah konstruksi serta mencari solusi yang efektif untuk mengurangi dampaknya terhadap lingkungan dan ekonomi, bagaimana mengatasi masalah limbah C & D telah menimbulkan kekhawatiran dari perspektif ekonomi, lingkungan dan masyarakat [5].

Studi tentang strategi pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran telah banyak dilakukan, namun metodologi dan cakupan penelitian yang beragam menyebabkan perbedaan hasil dalam mengidentifikasi metode dominan yang paling efisien. Studi ini menggunakan pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* untuk mengkaji berbagai metode pengelolaan limbah yang telah diterapkan serta mengevaluasi tantangan dan peluang dalam penerapannya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa metode pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran terbagi dalam kategori regulasi dan kebijakan, teknologi dan teknikal, manajemen lingkungan, sosial dan kesadaran publik, serta ekonomi dan finansial [6].

Tujuan utama dari penulisan jurnal ini adalah untuk menggunakan data dari beberapa jurnal yang relevan dan untuk menganalisis penerapan praktik pengelolaan limbah yang efektif dalam proyek dan lokasi konstruksi selama fase desain, perencanaan, dan konstruksi. Jurnal ini juga menyoroti keterbatasan dalam model pengelolaan limbah dan fasilitas limbah saat ini, dan menunjukkan beberapa langkah dan instrumen yang akan membantu

mencapai pengelolaan limbah C & D yang lebih berkelanjutan.

Penelitian ini mengadopsi pendekatan *Systematic Literature Review (SLR)* untuk menganalisis berbagai publikasi ilmiah yang membahas Strategi pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran dalam industri konstruksi. Dengan menelaah dan mensintesis temuan dari berbagai studi terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi metode atau cara yang paling sering dikaji serta memiliki pengaruh signifikan terhadap praktik pengelolaan limbah yang tepat. Hasil yang diperoleh diharapkan dapat menjadi dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan terbaik, baik melalui *Energy and resource conservation*, serta pengelolaan proyek yang lebih optimal, maupun penerapan beberapa metode. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai cara-cara dominan ini akan membantu pemangku kepentingan dalam merancang kebijakan yang lebih efektif guna mencapai zero waste, meminimalkan limbah yang dihasilkan selama proses konstruksi, dan mempercepat proses pengelolaan limbah.

## METODE PENELITIAN

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review (SLR)* untuk mengidentifikasi, menyaring, dan menganalisis literatur yang berkaitan dengan metode pengelolaan limbah dalam industri konstruksi. Studi ini mengkaji artikel-artikel dari jurnal bereputasi yang membahas praktik, strategi, dan pendekatan pengelolaan limbah konstruksi guna mengungkap tren penelitian, metode dominan, serta perkembangan terkini dalam bidang tersebut.

Penelitian ini menggunakan data dari 100 artikel ilmiah yang dipublikasikan

dalam jurnal internasional terindeks dengan batasan tahun publikasi di atas tahun 2000. Metode ini dilakukan dengan mencari referensi jurnal di database elektronik yang didapat dari jurnal-jurnal yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, secara umum dan khususnya penelitian strategi pengolahan limbah. Artikel yang dipilih secara khusus membahas metode atau cara yang relevan dalam pengelolaan limbah C & DW dalam proyek konstruksi. Setiap faktor yang diidentifikasi dalam artikel didokumentasikan dan disusun dalam lembar kerja Excel untuk mempermudah analisis kuantitatif. Metode ini telah banyak diterapkan dalam penelitian SLR untuk mengungkap pola dominan dalam studi terkait pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran.

### Variabel Penelitian

Penelitian ini mengkaji lima variabel utama yang berkaitan dengan strategi pengelolaan limbah konstruksi dalam upaya mewujudkan konstruksi berkelanjutan. Variabel-variabel yang diteliti mencerminkan pendekatan teknis, kebijakan, dan analitis yang umum diterapkan dalam pengelolaan limbah konstruksi. Seluruh variabel penelitian disajikan secara rinci pada Tabel 1.

### Tahapan Penelitian

Analisis data dilakukan dengan menghitung frekuensi data muncul dari setiap metode pengelolaan limbah dalam 100 artikel yang ditinjau. Metode-metode yang telah dikumpulkan dari berbagai sumber kemudian diklasifikasikan berdasarkan variabel variabel yang relevan. Semakin sering suatu metode disebutkan dalam literatur, semakin besar relevansinya dalam pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran. Jika jumlah artikel yang dianalisis belum cukup untuk menghasilkan kesimpulan yang valid,

maka proses pencarian dan seleksi artikel akan diulang hingga diperoleh jumlah data yang memadai sesuai dengan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Setelah metode pengelolaan limbah diklasifikasikan berdasarkan frekuensinya, dilakukan sintesis data untuk mengidentifikasi pola utama yang muncul dalam literatur. metode metode dengan jumlah kemunculan tertinggi dianalisis lebih lanjut untuk melihat keterkaitannya dengan aspek-aspek tertentu sebagai variabel berikut: metode 3R, pembuangan akhir (Disposal), manajemen kebijakan/regulasi, *life cycle assessment*, *planning* dan *mapping analisis*. Adapun tahapan-tahapan tersebut dapat diilustrasikan dalam Gambar 1.

## HASIL dan PEMBAHASAN

### Analisis Data

Pada bagian ini, hasil analisis terhadap 100 jurnal yang membahas pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran akan dipaparkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi berbagai metode pengelolaan limbah yang telah diterapkan di berbagai studi. Analisis dilakukan dengan menyoroti beberapa aspek, yaitu tahun publikasi untuk melihat tren penelitian dari waktu ke waktu, penerbit (*publisher*) guna mengidentifikasi sumber-sumber referensi yang dominan, serta negara asal penelitian untuk memahami distribusi geografis dan konteks penerapan metode pengelolaan limbah. mengacu pada teori di bagian Pendahuluan.

Grafik berdasarkan tahun pada Gambar 2 menunjukkan bahwa referensi yang digunakan penulis merupakan penulisan yang dipublish dari rentang 2004 hingga tahun 2022, dengan sumber data 2016 yang terbanyak, dengan jumlah 14 jurnal, dan diikuti oleh tahun 2018

dengan total 12 jurnal dan tahun 2020 sebanyak 11 jurnal. Paling sedikit ada yang hanya 1 jurnal yaitu pada tahun 2007 dan 2022.

Dari diagram peta pada Gambar 3 penulis mengambil sejumlah jurnal yang mengangkat beberapa negara sebagai sumber objek penelitiannya, jika dilihat dari index warna semakin hijau menandakan semakin banyak jumlahnya, dapat dilihat negara china memiliki jumlah terbanyak yakni 28 kali sebagai objek penelitian, lalu ada hongkong sebanyak 9 kali dan spanyol menyusul memiliki jumlah yaitu 8 kali. Sementara itu, ada inggris dan Portugal sebanyak 4 kali. Selanjutnya ada italia 3 Jerman Turkey, Netherlands, Sweden, Nigeria, Filipinna, Kanada, Iran, Kuwait, Australila, dll sebanyak satu kali. Hal itu berhubungan juga dengan negara asal dari penulis jurnal yang satu asal dengan sumber jurnal referensi yang penulis buat.

Pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran (*Construction and Demolition Waste* atau C&DW) merupakan isu penting dalam industri konstruksi yang berdampak pada lingkungan, efisiensi sumber daya, dan keberlanjutan pembangunan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengeksplorasi metode dan strategi pengelolaan limbah konstruksi, selanjutnya penulis telah mengelompokan metode dengan beberapa variabel dengan meta-analisis terhadap 100 jurnal Tabel 2.

Secara keseluruhan, penelitian ini mengidentifikasi bahwa metode metode yang relevan diterapkan dalam pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran terbagi dalam beberapa variabel yang sudah dirangkum oleh Tabel 2.

### Pembahasan

Bagian ini menyajikan pembahasan mengenai hasil analisis pengelolaan limbah konstruksi yang diselenggarakan dengan tujuan penelitian, yaitu peninjauan pada fase desain, perencanaan, dan konstruksi. Keterkaitan antara tahapan proyek tersebut dengan lima variabel utama (Konsep 3R, Pembuangan Akhir, Kebijakan/Regulasi, LCA, dan *Planning and Mapping analysis*) menjadi fondasi dalam mengevaluasi efektivitas manajemen limbah yang berkelanjutan. Secara rinci, hasil analisis terhadap 100 jurnal literatur dijabarkan ke dalam poin-poin sebagai berikut:

### 1. Konsep 3R (*Reduce, Recycle, Reuse*)

Konsep 3R (*Reduce, Recycle, Reuse*) merupakan strategi utama yang mendominasi dalam pengelolaan limbah sesuai dengan Gambar 4, dari 100 jurnal yang dianalisis, 88 jurnal membahas tentang variable ini, tujuan untuk mengurangi dampak lingkungan serta meningkatkan efisiensi penggunaan material. Pendekatan *reduce* menekankan pada pengurangan produksi limbah melalui perencanaan desain yang efisien dan penggunaan material yang tepat guna. *Reuse* mengacu pada pemanfaatan kembali material yang masih layak pakai, seperti kayu, baja, dan beton, guna mengurangi kebutuhan bahan baru [7]. Sementara itu, *recycle* melibatkan pengolahan kembali material limbah menjadi bahan baru yang dapat digunakan kembali dalam proyek konstruksi [49]. Implementasi konsep ini membutuhkan dukungan teknologi, regulasi, serta kesadaran para pelaku industri untuk memprioritaskan praktik berkelanjutan dalam setiap tahapan konstruksi [8].

### 2. Pembuangan Akhir (*Disposal*)

Pembuangan akhir merupakan metode terakhir dalam hierarki pengelolaan limbah konstruksi ketika material tidak lagi dapat dimanfaatkan melalui proses

3R, jika dianalisis variable ini ada di peringkat ketiga dari 100 jurnal ada 62 jurnal yang membahas metode tersebut [9]. Limbah yang tidak dapat didaur ulang atau digunakan kembali umumnya dibuang ke tempat pembuangan akhir (TPA) atau landfill, yang dapat menimbulkan permasalahan lingkungan seperti pencemaran tanah dan air [61]. Efektivitas sistem pembuangan akhir sangat bergantung pada infrastruktur yang tersedia serta kebijakan pemerintah dalam mengendalikan volume limbah yang masuk ke TPA [55]. Oleh karena itu, perlu ada regulasi yang membatasi pembuangan limbah konstruksi serta mendorong alternatif lain yang lebih ramah lingkungan, seperti *waste-to-energy* atau pemanfaatan kembali lahan eksisting untuk keperluan lain [10].

### 3. Manajemen Kebijakan dan Regulasi

Manajemen kebijakan dan regulasi berperan penting dalam menciptakan sistem pengelolaan limbah konstruksi yang efektif dan berkelanjutan [11]. Variable ini berada di urutan kedua, sebanyak 72 jurnal dari 100 jurnal membahas variable ini. Kebijakan yang ketat, seperti persyaratan penggunaan material daur ulang, insentif bagi proyek konstruksi hijau, serta standar pengelolaan limbah, dapat meningkatkan kepatuhan industri terhadap prinsip pembangunan berkelanjutan [12]. Selain itu, pengawasan dan penegakan regulasi harus dilakukan secara konsisten untuk memastikan bahwa praktik pengelolaan limbah sesuai dengan peraturan yang berlaku [13]. Kerja sama antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat dalam menyusun serta menerapkan kebijakan yang berbasis keberlanjutan sangat dibutuhkan untuk mengurangi dampak negatif limbah konstruksi terhadap lingkungan [14].

### 4. Life Cycle Assessment (LCA)

*Life Cycle Assessment* (LCA) adalah metode analisis yang digunakan untuk

mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu material atau proses sepanjang siklus hidupnya, mulai dari ekstraksi bahan baku hingga pembuangan akhir [15]. Variabel ini tergolong penting namun kompleks, hanya sekitar 41 jurnal dari 100 jurnal yang membahas tentang variabel ini. Dalam konteks limbah konstruksi, LCA membantu dalam menilai efektivitas strategi pengelolaan limbah serta membandingkan opsi material yang lebih ramah lingkungan [49]. Dengan penerapan LCA, keputusan terkait pemilihan material dan metode konstruksi dapat didasarkan pada data yang objektif, sehingga memungkinkan industri untuk mengurangi jejak karbon dan dampak ekologis. Penggunaan LCA juga dapat menjadi dasar dalam pengembangan kebijakan lingkungan yang lebih akurat dan berbasis ilmiah [16].

### **5.Planning dan mapping analysis**

*Planning dan mapping analysis* dalam pengelolaan limbah konstruksi berfokus pada perencanaan sistem pengelolaan yang efisien serta pemetaan distribusi limbah di berbagai lokasi proyek [17]. Variabel ini dibahas oleh hampir 50 persen jurnal analisa, sebanyak 48 kali. Analisis ini mencakup identifikasi sumber utama limbah, penentuan jalur transportasi optimal untuk pengumpulan dan pemrosesan limbah, serta alokasi fasilitas daur ulang atau tempat pembuangan akhir [18]. Dengan pemanfaatan teknologi seperti GIS (*Geographic Information System*), pemetaan limbah dapat membantu dalam pengambilan keputusan berbasis data untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah. Integrasi antara perencanaan yang matang dan pemetaan yang akurat dapat membantu meminimalkan dampak lingkungan serta mengoptimalkan penggunaan sumber daya dalam proyek konstruksi [19].

## **KESIMPULAN**

Pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran memerlukan strategi yang terintegrasi dan berkelanjutan untuk meminimalkan dampak lingkungan serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Pendekatan 3R (*Reduce, Recycle, Reuse*) menjadi strategi utama yang harus diutamakan dalam setiap tahapan proyek konstruksi guna mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan serta meningkatkan pemanfaatan kembali material. Namun, ketika limbah tidak dapat lagi didaur ulang atau digunakan kembali, maka sistem pembuangan akhir (*disposal*) yang efisien dan terkendali tetap diperlukan untuk menghindari pencemaran lingkungan

Dukungan manajemen kebijakan dan regulasi menjadi faktor kunci dalam memastikan implementasi strategi pengelolaan limbah berjalan dengan efektif, melalui penerapan kebijakan yang mendorong praktik konstruksi berkelanjutan dan pemberian insentif bagi penggunaan material ramah lingkungan. Selain itu, penerapan *Life Cycle Assessment* (LCA) memungkinkan evaluasi menyeluruh terhadap dampak lingkungan dari berbagai metode pengelolaan limbah, sehingga dapat digunakan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan yang lebih baik. Untuk meningkatkan efisiensi operasional, *planning dan mapping analysis* juga berperan penting dalam mengoptimalkan distribusi dan pemrosesan limbah dengan pemanfaatan teknologi seperti GIS.

Dengan mengintegrasikan berbagai metode ini, pengelolaan limbah konstruksi dapat dilakukan secara lebih sistematis dan berorientasi pada keberlanjutan. Implementasi strategi yang tepat tidak hanya akan mengurangi beban lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi bagi industri konstruksi melalui efisiensi material dan pengurangan biaya

pembuangan limbah. Oleh karena itu, kolaborasi antara pemerintah, pelaku industri, serta masyarakat sangat diperlukan untuk mewujudkan sistem pengelolaan limbah konstruksi yang efektif dan berkelanjutan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. O. Ajayi, "Waste effectiveness of the construction industry: Understanding the impediments and requisites for improvements," vol. 102, 2015, doi: 10.1016/j.resconrec.2015.06.001.
- [2] O. O. Akinade, "Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment," vol. 180, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.01.022.
- [3] M. S. A. Huang B. and L. Cui, "Review of construction and demolition waste management in China and USA," vol. 264, no. 110445, 2020, doi: 10.1016/j.jenvman.2020.110445.
- [4] P. O. Awoyera, "Characterization of ceramic waste aggregate concrete," vol. 14, no. 3, 2018, doi: 10.1016/j.hbrcj.2016.11.003.
- [5] Z. Bao and W. Lu, "Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China," vol. 724, no. 138264, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138264.
- [6] R. A. Begum, "Attitude and behavioral factors in waste management in the construction industry of Malaysia," vol. 53, no. 6, 2009, doi: 10.1016/j.resconrec.2009.01.005.
- [7] G. A. Blengini and E. Garbarino, "Resources and waste management in Turin (Italy): The role of recycled aggregates in the sustainable supply mix," vol. 18, 2010, doi: 10.1016/j.jclepro.2010.01.027.
- [8] G. B. Pantini S. and L. Rigamonti, "Life cycle assessment of non - hazardous construction and demolition waste management in Lombardy Region (Italy)," vol. 184, pp. 815–825, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.287.
- [9] M. D. Bovea and J. C. Powell, "Developments in life cycle assessment applied to evaluate the environmental performance of construction and demolition wastes," vol. 50, pp. 151–172, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2016.01.036.
- [10] N. K. B. Satomi T. and H. Takahashi, "Recycling woven plastic sack waste and PET bottle waste as fiber in recycled aggregate concrete," vol. 78, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.05.035.
- [11] S. B. Christensen T. H. and T. F. Astrup, "Life cycle assessment of construction and demolition waste management," vol. 44, 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.07.011.
- [12] R. Cardoso, "Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review," vol. 49, pp. 131–145, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2015.12.021.
- [13] J. C. P. Cheng and L. Y. H. Ma, "A BIM -based system for demolition and renovation waste estimation and planning," vol. 33, no. 6, 2013, doi: 10.1016/j.wasman.2013.01.001.
- [14] J. C. Hua C. and C. Liu, "Considerations for better construction and demolition waste management: Identifying decision behaviors using game theory," vol. 212, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.262.

- [15] X. Chen and W. Lu, "Identifying factors influencing demolition waste generation in Hong Kong," vol. 141, pp. 799–811, 2017, doi: 10.1016/j.jclepro.2016.09.164.
- [16] K. M. Cochran and T. G. Townsend, "Estimating construction and demolition debris generation using materials flow analysis," vol. 30, no. 11, 2010, doi: 10.1016/j.wasman.2010.04.008.
- [17] A. Coelho and J. de Brito, "Environmental analysis of a CDW recycling plant in Portugal —Part I," vol. 33, no. 5, 2013, doi: 10.1016/j.wasman.2013.01.025.
- [18] A. Coelho and J. de Brito, "Influence of CDW management on the environmental impact of buildings," vol. 32, no. 3, 2012, doi: 10.1016/j.wasman.2011.11.011.
- [19] R. M. C. -Franca and A. Azapagic, "Environmental impacts of the UK residential sector," vol. 54, 2012, doi: 10.1016/j.buildenv.2012.02.005.
- [20] H. Dahlbo, "Construction and demolition waste management — A holistic evaluation," vol. 107, pp. 333–341, 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.02.073.
- [21] M. del R. Merino, "Sustainable construction: CDW reconsidered," vol. 28, no. 2, 2010, doi: 10.1177/0734242X09103841.
- [22] A. Di Maria, "Downcycling versus recycling of CDW," vol. 75, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.01.028.
- [23] T. Ding and J. Xiao, "Estimation of building -related CDW in Shanghai," vol. 34, no. 11, 2014, doi: 10.1016/j.wasman.2014.07.029.
- [24] Z. Ding, "System dynamics simulation of construction waste reduction in China," vol. 51, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2016.03.001.
- [25] H. Duan and J. Li, "Construction and demolition waste management: China's lessons," vol. 34, no. 5, 2016, doi: 10.1177/0734242X16647603.
- [26] H. Duan, "Encouraging environmentally sound management of CDW in China," vol. 43, 2015, doi: 10.1016/j.rser.2014.11.069.
- [27] L. Du, "Evolutionary game analysis of stakeholders' behaviors in CDW management," vol. 84, no. 106408, 2020, doi: 10.1016/j.eiar.2020.106408.
- [28] M. R. Esa, "Developing strategies for managing CDW in Malaysia based on circular economy," vol. 19, no. 3, 2017, doi: 10.1007/s10163.
- [29] M. R. Esa, "Strategies for minimizing CDW in Malaysia," vol. 120, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.12.014.
- [30] F. Faleschini, "Sustainable management and supply of natural and recycled aggregates," vol. 49, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2016.01.013.
- [31] J. L. G. -Martos, "Construction and demolition waste best management practice in Europe," vol. 136, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.04.016.
- [32] M. Gangolells, "Analysis of the implementation of effective waste management practices in construction projects," vol. 93, 2014, doi: 10.1016/j.resconrec.2014.10.006.
- [33] S. H. G. Burman M. and N. Braimah, "Pathways to circular construction," vol. 244, no. 118710, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118710.
- [34] C. P. Ginga, "Circular economy on construction and demolition waste: A literature review," vol.

- 13, no. 13, 2020, doi: 10.3390/ma13132970.
- [35] R. Herrador, "Use of recycled construction and demolition waste aggregate for road surfacing," vol. 138, no. 2, pp. 182–190, 2012, doi: 10.1061/(ASCE)TE.1943.
- [36] M. Hiete, "Matching CDW supply to recycling demand," vol. 39, no. 4, 2011, doi: 10.1080/09613218.2011.576849.
- [37] M. U. Hossain, "Comparative environmental evaluation of recycled and virgin aggregates," vol. 109, 2016, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.02.009.
- [38] B. Huang, "Construction and demolition waste management in China through the 3R principle," vol. 129, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.09.029.
- [39] T. Huang, "Material demand and environmental impact of buildings in China," vol. 72, 2013, doi: 10.1016/j.resconrec.2012.12.013.
- [40] M. H. Voet E. van der and G. Huppel, "Dynamic MFA for strategic CDW management in Beijing," vol. 14, no. 3, 2010, doi: 10.1111/j.1530.
- [41] E. Iacovidou and P. Purnell, "Mining the physical infrastructure," 2016, doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.03.098.
- [42] R. Islam, "Empirical study of CDW generation and recycling," vol. 95, 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2019.05.049.
- [43] S. J. Singhal S. and S. Pandey, "Environmental LCA of CDW recycling in India," vol. 155, no. 104642, 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104642.
- [44] R. J. Yuan H. and Q. Chen, "Science mapping of CDW management research," vol. 140, 2019, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.09.029.
- [45] K. Kabirifar, "CDW management contributing factors and 3R strategies," vol. 263, no. 121265, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121265.
- [46] N. Kartam, "Environmental management of CDW in Kuwait," vol. 24, no. 10, 2004, doi: 10.1016/j.wasman.2004.06.003.
- [47] A. Laurent, "Review of LCA studies of solid waste systems," vol. 34, no. 3, 2014, doi: 10.1016/j.wasman.2013.10.045.
- [48] C. Z. Li, "Research trend of IT in CDW management," vol. 263, no. 121458, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.121458.
- [49] J. Li, "Model for estimating construction waste generation in China," vol. 74, 2013, doi: 10.1016/j.resconrec.2013.02.015.
- [50] J. Liu, "Environmental assessment model of CDW using system dynamics," vol. 27, no. 30, 2020, doi: 10.1007/s11356.
- [51] C. Llatas, "Model for quantifying construction waste," vol. 31, no. 6, 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.023.
- [52] W. Lu, "Benchmarking construction waste management performance," vol. 105, 2015, doi: 10.1016/j.resconrec.2015.10.013.
- [53] W. Lu, "Estimating construction waste in the Greater Bay Area," vol. 134, pp. 78–88, 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2021.08.012.
- [54] W. Lu, "Estimating building - related CDW in urban China," vol. 17, no. 1, 2017, doi: 10.1080/15623599.2016.1166548.
- [55] W. Lu and H. Yuan, "Critical success factors for waste management," vol. 55, no. 2, 2010, doi: 10.1016/j.resconrec.2010.09.010.

- [56] W. Lu and H. Yuan, "Framework for understanding waste management studies," vol. 31, no. 6, 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2011.01.018.
- [57] S. Magnusson, "Sustainable management of excavated soil and rock," vol. 93, 2015, doi: 10.1016/j.jclepro.2015.01.010.
- [58] A. Mahpour, "Prioritizing barriers to circular economy in CDW," vol. 134, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.01.026.
- [59] T. M. W. Mak, "Extended TPB for construction waste recycling," vol. 83, pp. 161–170, 2019, doi: 10.1016/j.wasman.2018.11.016.
- [60] M. Mália, "Construction and demolition waste indicators," vol. 31, no. 3, 2013, doi: 10.1177/0734242X12471707.
- [61] L. Ma and L. Zhang, "Evolutionary game analysis of construction waste recycling," vol. 161, no. 104863, 2020, doi: 10.1016/j.resconrec.2020.104863.
- [62] M. Ma, "Challenges in current CDW recycling in China," vol. 118, 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.09.030.
- [63] S. Marinković, "Comparative environmental assessment of recycled concrete," vol. 30, no. 11, 2010, doi: 10.1016/j.wasman.2010.04.012.
- [64] M. Marzouk and S. Azab, "Environmental and economic assessment of CDW disposal," vol. 82, 2014, doi: 10.1016/j.resconrec.2013.10.015.
- [65] A. Mastrucci, "Geospatial characterization of building material stocks," vol. 123, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.07.003.
- [66] M. Menegaki and D. Damigos, "Review of CDW management challenges," vol. 13, 2018, doi: 10.1016/j.cogsc.2018.02.010.
- [67] I. T. Mercante, "LCA of CDW management systems," vol. 17, no. 2, 2012, doi: 10.1007/s11367.
- [68] A. Pappu, "Solid waste generation and recycling potential in India," vol. 42, no. 6, 2007, doi: 10.1016/j.buildenv.2006.04.015.
- [69] C. S. Poon, "Impact of construction waste charging scheme," vol. 139, no. 5, 2013, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943.
- [70] L. D. Poulikakos, "Harvesting European waste materials for road construction," vol. 116, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.09.008.
- [71] M. Ranjbari, "Two decades of waste management research in circular economy," vol. 314, no. 128009, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.128009.
- [72] L. Reig, "Properties of alkali - activated red clay brick waste," vol. 43, 2013, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2013.01.031.
- [73] P. V Saez, "Best practice measures for CDW management," vol. 75, 2013, doi: 10.1016/j.resconrec.2013.03.009.
- [74] J. Sim and C. Park, "Durability of recycled aggregate concrete," vol. 31, no. 11, 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2011.06.014.
- [75] J. S. -Guzmán, "Spanish model for quantification of construction waste," vol. 29, no. 9, 2009, doi: 10.1016/j.wasman.2009.05.009.
- [76] S. Ulubeyli, "Construction and demolition waste recycling plants revisited," vol. 172, 2017, doi: 10.1016/j.proeng.2017.02.139.
- [77] K. P. V. Ashraf W. and Y. Cao, "Properties of recycled concrete aggregate," vol. 133, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.02.005.
- [78] C. S. Vieira and P. M. Pereira, "Use of recycled CDW in geotechnical applications," vol. 103, 2015, doi: 10.1016/j.resconrec.2015.07.023.

- [79] P. V. Sáez and M. Osmani, "Diagnosis of CDW generation in the EU," vol. 241, no. 118400, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118400.
- [80] J. Wang, "Optimizing CDW management fee considering LCA," vol. 206, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.09.170.
- [81] D. Wiedenhofer, "Modeling material stocks and flows in the EU," vol. 19, no. 4, 2015, doi: 10.1111/jiec.12216.
- [82] H. Wu, "Status quo and future directions of CDW research," vol. 240, no. 118163, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118163.
- [83] Z. W. Yu A. T. W. and L. Shen, "Determinants of contractor CDW behavior," vol. 60, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2016.09.001.
- [84] Z. Wu, "Quantifying construction and demolition waste: Review," vol. 34, no. 9, 2014, doi: 10.1016/j.wasman.2014.05.010.
- [85] B. Xia, "LCA of concrete structures with reuse and recycling," vol. 105, pp. 268–278, 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.02.015.
- [86] H. Yuan and L. Shen, "Trend of the research on construction and demolition waste management," vol. 31, no. 4, 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2010.10.030.
- [87] O. O. A. Alaka L. O. Oyedele M. Bilal S. O. Ajayi H. A. and H. A. Owolabi, "Waste minimization through deconstruction: A BIM - based approach," vol. 226, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.04.033.
- [88] R. J. Wanatowski B. Li T. Zhou D. and P. Piroozfar, "An empirical study of perceptions towards construction and demolition waste recycling and reuse in China," vol. 126, 2017, doi: 10.1016/j.resconrec.2017.07.034.
- [89] E. I. Velis J. M. and P. Purnell, "Quality of materials recovered from waste: A holistic framework for resource efficiency," vol. 75, 2018, doi: 10.1016/j.wasman.2018.01.010.
- [90] D. X. Poon C. S. and W. Zheng, "Sustainable utilization of processing wastes from concrete plants," vol. 136, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.04.007.
- [91] H. Yang, "Urban CDW and landfill failure in Shenzhen," vol. 63, 2017, doi: 10.1016/j.wasman.2017.01.026.
- [92] M. Yazdani, "Improving CDW collection using simheuristic approach," vol. 280, no. 124138, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.124138.
- [93] M. Yeheyis, "Overview of CDW management in Canada," vol. 15, no. 1, 2013, doi: 10.1007/s10098.
- [94] F. Yuan, "Emergy analysis of CDW recycling options," vol. 31, no. 12, 2011, doi: 10.1016/j.wasman.2011.07.001.
- [95] H. Yuan, "Key indicators for assessing waste management effectiveness," vol. 24, pp. 476–484, 2013, doi: 10.1016/j.ecolind.2012.07.022.
- [96] H. Yuan, "Dynamic model for assessing CDW reduction strategies," vol. 32, no. 3, 2012, doi: 10.1016/j.wasman.2011.11.006.
- [97] Y. Yu, "Circular economy through industrial symbiosis in construction," vol. 293, no. 126083, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.126083.
- [98] C. Z. et al., "Waste hierarchy framework for CDW circularity in Europe," vol. 803, no. 149892, 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.149892.

- [99] L. W. Zhang, "Utilization of mixed recycled aggregates," vol. 236, no. 117729, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.07.075. CDW recycling in China," vol. 54, no. 6, 2010, doi: 10.1016/j.resconrec.2009.09.00.
- [100] W. Z. Leefink R. B. and V. S. Rotter, "Economic feasibility of

## LAMPIRAN - LAMPIRAN

**Tabel 1.** Deskripsi Variabel

| No | Variabel                         | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                                                                           | Sitasi                                         |
|----|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1. | 3R (Reduce, Recycle, Reuse)      | Konsep 3R berfokus pada pengurangan limbah ( <i>reduce</i> ), penggunaan kembali material yang masih layak ( <i>reuse</i> ), serta mendaur ulang limbah menjadi bahan yang dapat dimanfaatkan kembali ( <i>recycle</i> ).                                                           | [20], [21], [31], [34], [38], [45], [73]       |
| 2. | Pembuangan Akhir (Disposal)      | Mencakup metode pengelolaan limbah yang tidak dapat didaur ulang atau dimanfaatkan kembali. Ini meliputi pembuangan ke tempat pembuangan akhir ( <i>landfill</i> ), insinerasi, atau metode lain yang memastikan limbah ditangani dengan aman dan sesuai dengan standar lingkungan. | [19], [46], [68], [69], [91], [93]             |
| 3. | Manajemen Kebijakan dan Regulasi | Mencakup kebijakan pemerintah, regulasi lingkungan, serta standar industri yang mengatur pengelolaan limbah konstruksi. Regulasi yang efektif dapat mendorong praktik konstruksi yang lebih berkelanjutan serta memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan dan keselamatan.   | [25], [26], [31], [52], [55], [69], [79], [95] |
| 4. | Life Cycle Assessment (LCA)      | Metode analisis yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari material dan proses konstruksi sepanjang siklus hidupnya. Pendekatan ini membantu dalam menilai keberlanjutan suatu metode                                                                                 | [9], [11], [20], [37], [43], [47], [67], [85]  |

| No | Variabel                             | Deskripsi                                                                                                                                                                                                                        | Sitasi                                         |
|----|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|    |                                      | pengelolaan limbah dengan mempertimbangkan konsumsi energi, emisi, dan limbah yang dihasilkan dari tahap produksi hingga pembuangan akhir.                                                                                       |                                                |
| 5. | <i>Planning and Mapping Analisis</i> | Variabel ini berkaitan dengan perencanaan strategis dan pemetaan dalam pengelolaan limbah konstruksi. Teknik ini melibatkan analisis spasial, pemodelan data, serta strategi perencanaan untuk mengoptimalkan pengelolaan limbah | [16], [23], [24], [36], [40], [49], [65], [81] |

**Tabel 2.** Meta-Analisis Penelitian (Sumber, Penulis 2025)

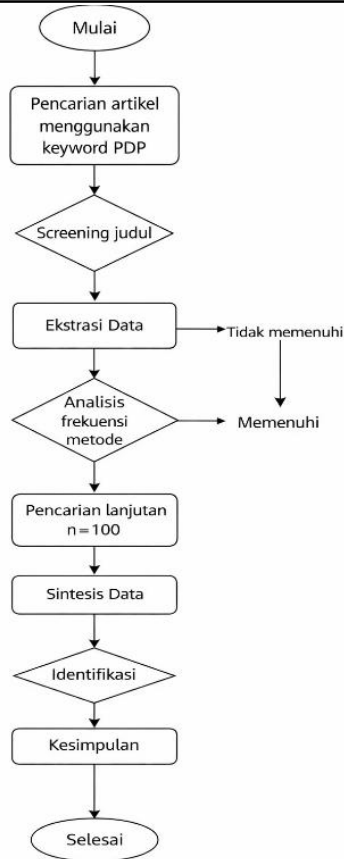
| No | Sitasi | Tahun | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------|-------|---|---|---|---|---|
| 1  | [1]    | 2015  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 2  | [2]    | 2018  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 3  | [3]    | 2020  | ✓ |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| 4  | [4]    | 2018  | ✓ |   |   |   | ✓ |
| 5  | [5]    | 2020  | ✓ |   |   |   |   |
| 6  | [6]    | 2009  |   | ✓ |   | ✓ | ✓ |
| 7  | [7]    | 2010  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 8  | [8]    | 2018  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 9  | [9]    | 2016  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 10 | [10]   | 2018  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 11 | [11]   | 2015  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 12 | [12]   | 2016  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 13 | [13]   | 2013  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 14 | [14]   | 2019  | ✓ |   | ✓ | ✓ |   |
| 15 | [15]   | 2017  | ✓ |   | ✓ | ✓ |   |
| 16 | [16]   | 2010  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 17 | [17]   | 2013  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 18 | [18]   | 2012  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 19 | [19]   | 2012  | ✓ |   |   | ✓ | ✓ |
| 20 | [20]   | 2015  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 21 | [21]   | 2010  |   |   | ✓ | ✓ |   |
| 22 | [22]   | 2018  |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 23 | [23]   | 2014  |   | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 24 | [24]   | 2016  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 25 | [25]   | 2016  |   | ✓ |   | ✓ | ✓ |
| 26 | [26]   | 2015  |   | ✓ |   |   |   |
| 27 | [27]   | 2020  |   |   |   | ✓ | ✓ |
| 28 | [28]   | 2017  |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 29 | [29]   | 2017  |   |   |   |   |   |
| 30 | [30]   | 2016  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 31 | [31]   | 2018  |   | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 32 | [32]   | 2014  |   | ✓ |   |   | ✓ |
| 33 | [33]   | 2020  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 34 | [34]   | 2020  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 35 | [35]   | 2012  |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 36 | [36]   | 2011  |   | ✓ |   | ✓ | ✓ |
| 37 | [37]   | 2016  |   | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 38 | [38]   | 2018  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 39 | [39]   | 2013  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 40 | [40]   | 2010  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 41 | [41]   | 2016  |   | ✓ |   |   |   |
| 42 | [42]   | 2019  |   | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 43 | [43]   | 2020  |   | ✓ | ✓ |   | ✓ |

| No | Sitasi | Tahun | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|--------|-------|---|---|---|---|---|
| 44 | [44]   | 2019  |   | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 45 | [45]   | 2020  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 46 | [46]   | 2004  |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 47 | [47]   | 2014  | ✓ |   |   | ✓ |   |
| 48 | [48]   | 2020  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 49 | [49]   | 2013  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 51 | [50]   | 2011  | ✓ |   | ✓ |   |   |
| 52 | [51]   | 2015  |   | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 53 | [52]   | 2021  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 54 | [53]   | 2017  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 55 | [54]   | 2010  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 56 | [55]   | 2011  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 57 | [56]   | 2015  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 58 | [57]   | 2018  |   | ✓ |   |   | ✓ |
| 59 | [58]   | 2019  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 60 | [59]   | 2013  | ✓ |   | ✓ |   |   |
| 61 | [60]   | 2020  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 62 | [62]   | 2020  |   |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| 63 | [63]   | 2010  |   | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 64 | [64]   | 2014  |   |   | ✓ | ✓ | ✓ |
| 65 | [65]   | 2017  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 66 | [66]   | 2018  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 67 | [67]   | 2012  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 68 | [68]   | 2007  | ✓ |   |   |   | ✓ |
| 69 | [69]   | 2013  | ✓ |   |   | ✓ |   |
| 70 | [70]   | 2017  | ✓ | ✓ |   | ✓ | ✓ |
| 71 | [71]   | 2021  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 72 | [72]   | 2013  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 73 | [73]   | 2013  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 74 | [74]   | 2011  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 75 | [75]   | 2009  | ✓ |   |   | ✓ |   |

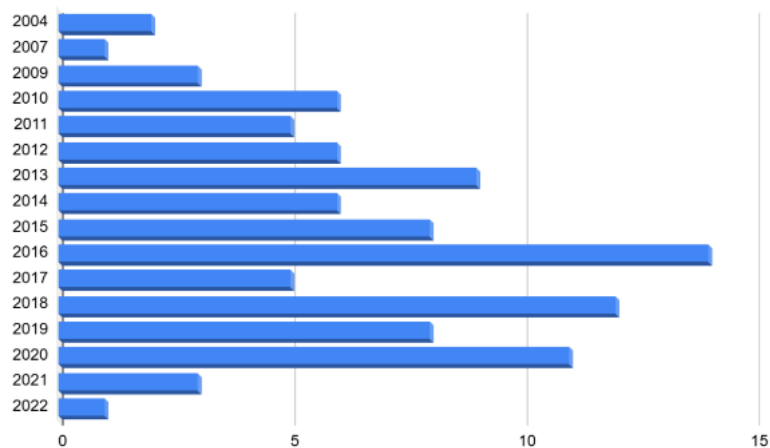
| No  | Sitasi | Tahun | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|--------|-------|---|---|---|---|---|
| 76  | [76]   | 2017  | ✓ |   |   |   |   |
| 77  | [77]   | 2018  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 78  | [78]   | 2015  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 79  | [79]   | 2019  | ✓ |   |   | ✓ |   |
| 80  | [80]   | 2019  | ✓ |   |   |   |   |
| 81  | [81]   | 2015  | ✓ |   | ✓ |   |   |
| 82  | [82]   | 2019  | ✓ | ✓ |   | ✓ | ✓ |
| 83  | [83]   | 2017  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 84  | [84]   | 2014  | ✓ | ✓ | ✓ |   | ✓ |
| 85  | [85]   | 2020  | ✓ |   |   |   | ✓ |
| 86  | [86]   | 2011  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 87  | [87]   | 2019  | ✓ |   |   |   | ✓ |
| 88  | [88]   | 2017  | ✓ |   |   |   | ✓ |
| 89  | [89]   | 2018  | ✓ |   |   | ✓ |   |
| 90  | [90]   | 2018  | ✓ | ✓ |   | ✓ |   |
| 91  | [91]   | 2017  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 92  | [92]   | 2021  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |   |
| 93  | [93]   | 2013  | ✓ |   | ✓ |   | ✓ |
| 94  | [94]   | 2011  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 95  | [95]   | 2013  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 96  | [96]   | 2012  | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| 97  | [97]   | 2021  | ✓ | ✓ | ✓ |   |   |
| 98  | [98]   | 2022  | ✓ |   | ✓ |   |   |
| 99  | [99]   | 2019  | ✓ |   | ✓ |   |   |
| 100 | [100]  | 2010  | ✓ | ✓ |   |   | ✓ |

**Keterangan:**

- 1: 3R (Reduction, Reuse, Recycle)**  
**2: Pembuangan Akhir (Disposal)**  
**3: Manajemen Kebijakan dan Regulasi**  
**4: Life Cycle Assessment (LCA)**  
**5: Planning and Mapping Analysis**



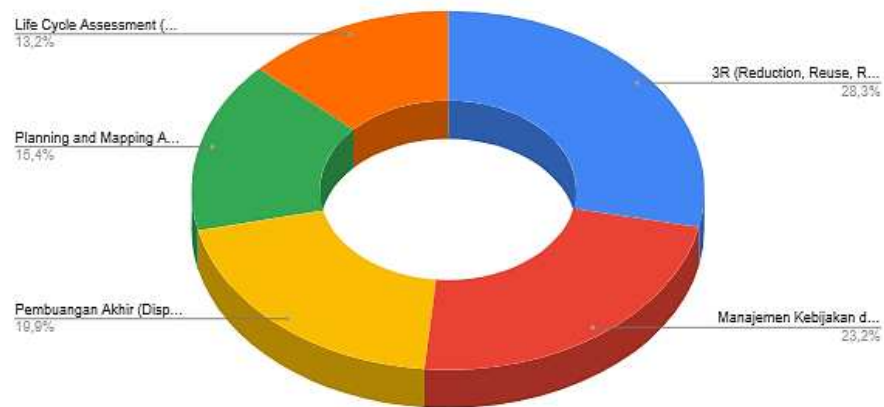
**Gambar 1.** Prisma SLR alur penelitian



**Gambar 2.** Grafik jumlah berdasarkan tahun (Sumber: Penulis,2025)



**Gambar 3.** Diagram peta jumlah berdasarkan Negara (Sumber: Penulis,2025)



**Gambar 4.** Pie Chart Variabel (Sumber: Penulis,2025)