

## Penerapan Metode Pembongkaran (*Demolishing*) Pada Bangunan Gedung dan Daur Ulang Limbah Bongkaran: A Systematic Literature Review

Sunaryo<sup>1)</sup>, Oei Fuk Jin<sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup> Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jakarta, Indonesia  
Email: [sunsunaryo28@gmail.com](mailto:sunsunaryo28@gmail.com)<sup>1)</sup>, [fukjin.untar@gmail.com](mailto:fukjin.untar@gmail.com)<sup>2)</sup>

DOI: <http://dx.doi.org/10.29103/tj.v14i1.1059>

(Received: 19 December 2023 / Revised: 08 February 2024 / Accepted: 16 February 2024)

### Abstrak

Pekerjaan pembongkaran bangunan merupakan proses yang esensial dalam industri konstruksi untuk menghancurkan atau meruntuhkan struktur bangunan setelah masa manfaatnya berakhir. Proses ini melibatkan penggunaan peralatan khusus dan mematuhi prosedur hukum serta mendapatkan persetujuan pemerintah setempat. Penelitian ini menggunakan metode bibliometrik dengan menggunakan bantuan aplikasi *Publish or Perish (Pop)* dan *VOSviewer*. Dari hasil seleksi yang dilakukan dengan PoP dilakukan seleksi artikel-artikel yang relevan dan sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Untuk mengetahui hubungan masing-masing kata kunci dalam artikel, maka diolah dengan menggunakan aplikasi *VOSviewer* dengan dilanjutkan seleksi lebih cermat dan teliti sehingga pembahasan tidak terlalu melebar. Artikel-artikel yang sudah dikumpulkan dijadikan bahan penititan *schematic literature review* ini. Tujuan dari Penelitian ini adalah untuk menjelaskan penerapan pekerjaan pembongkaran dengan beberapa metode yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangannya. Selain pembahasan tentang pentingnya pekerjaan pembongkaran (*demolishing*) juga jelaskan terkait daur ulang dari limbah bongkaran konstruksi dan perkembangan-perkembangan yang telah dilakukan dalam pengolahan limbah hasil konstruksi dan bongkaran konstruksi.

Kata kunci: *pembongkaran, metode bongkaran, limbah bongkaran, daur ulang*

### Abstract

*Building demolition work is an essential process in the construction industry to destroy or demolish building structures after their useful life has ended. This process involves using special equipment and complying with legal procedures and obtaining local government approval. This research uses a bibliometric method using the Publish or Perish (PoP) and VOSviewer applications. From the results of the selection carried out with PoP, articles were selected that were relevant and in accordance with the research carried out. To find out the relationship between each keyword in the article, it is processed using the VOSviewer application, followed by more careful and thorough selection so that the discussion does not expand too much. The articles that have been collected are used as material for this schematic literature review. The aim of this research is to explain the application of demolition work using several methods, each of which has its advantages and disadvantages. Apart from discussing the importance of demolition work, it also explains the recycling of construction demolition waste and the developments that have been made in processing construction waste and construction demolition waste.*

Keywords: *demolishing, demolishing methods, demolishing waste, recycling*

## 1. Latar Belakang

Pembongkaran mengacu pada pembongkaran atau penghancuran bangunan-bangunan besar yang telah mencapai akhir masa manfaatnya. Setiap struktur dirancang untuk memiliki masa manfaat tertentu, biasanya sekitar 100 tahun, yang setelahnya dapat membahayakan penghuni dan bangunan di sekitarnya (Khandve et al., 2014). Dampak lingkungan dari pembongkaran meliputi polusi udara, konsumsi energi dan bahan bakar. Dampak ekonomi mencakup biaya peralatan, tenaga kerja, energi dan material. Dampak sosial meliputi keselamatan dan kebisingan di tempat kerja. (Sari et al., 2019).

Menurut (Badjatiya & Gupta, 2022) populasi negara-negara ASEAN akan meningkat menjadi 724,8 juta orang pada tahun 2030, dan laju urbanisasi semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini menyebabkan berkembangnya industri konstruksi yang memenuhi kebutuhan sosial dan fisik dasar. Kegiatan konstruksi mempunyai dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran dan perusakan lingkungan.

Untuk proyek-proyek di mana penggunaan kembali adaptif berada dalam lingkup keberlanjutan, proyek tersebut kemungkinan besar akan berhasil. Namun bukan berarti sebaliknya, karena faktor keberhasilan lebih luas dibandingkan tiga pilar utama keberlanjutan. (Arfa et al., 2022).

Kegiatan ilmiah tentang pembuangan limbah pembongkaran berdasarkan tinjauan literatur yang komprehensif. Kami memulai dengan analisis kontekstual yang bertujuan untuk mengidentifikasi distribusi fokus dan keprihatinan akademis mengenai pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran berdasarkan waktu, geografi, dan sumber. (Gherman et al., 2023).

Perkembangan ekonomi menciptakan kebutuhan akan bangunan untuk diubah fungsinya. Penggunaan kembali mungkin terbukti tidak cukup untuk pemanfaatan yang baru dirancang dan seringkali tidak layak secara ekonomi. (Niedostatkiewicz & Majewski, 2022).

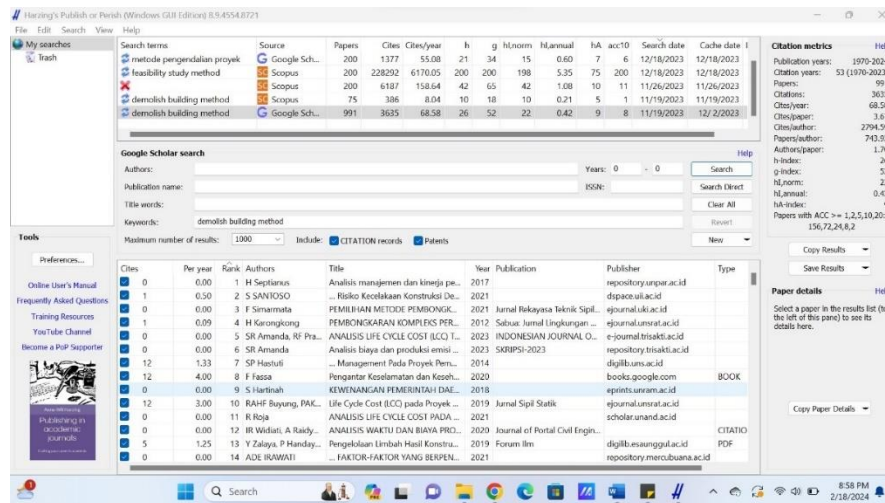
Melaksanakan kegiatan konservasi untuk melindungi bangunan bersejarah. Kegiatannya luas dan mencakup konservasi, konservasi, restorasi, rekonstruksi, penggunaan kembali adaptif, rehabilitasi, renovasi, revitalisasi, fasad, situs warisan, situs warisan, dan bangunan bersejarah. (Permata et al., 2020).

Yang dimaksud dengan “Cagar Budaya” adalah satu atau lebih bangunan atau bagiannya dan/atau bangunan dan/atau artefak yang mempunyai tujuan sejarah dan/atau arsitektural dan/atau estetika dan/atau budaya dan/atau konservasi, sarana dan termasuk barang. Objek yang memiliki arti penting secara ekologis adalah bagian dari situs yang mempunyai tujuan dan/atau diperlukan secara ekologis dan berdekatan dengan suatu bangunan, atau pagar atau penutup, atau yang mempertahankan nilai sejarah dan/atau arsitektur dan/atau estetikanya. tujuan yang dimaksudkan. (Wahadamaputera & Permata, 2019).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui metode-metode yang digunakan dalam pembongkaran bangunan dan daur ulang limbah konstruksi. Tujuan konkritnya adalah untuk mengurangi limbah konstruksi, menghemat sumber daya alam, dan memberikan kesempatan untuk menggunakan kembali material bangunan yang masih layak pakai. Proses ini juga dapat membantu menjaga lingkungan dan mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem. Selain itu, daur ulang material konstruksi juga dapat membantu mengurangi emisi karbon yang dihasilkan dari produksi material baru.

## 2. Metode Penelitian

Metode pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini adalah *literature review* dari jurnal-jurnal yang ada sebelumnya. Tahapan dalam metode ini adalah dengan melakukan Identifikasi data, pemilihan data dan evaluasi dari data-data literatur yang didapatkan. Proses pencarian data pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program *Publish or Perish (PoP)* dengan diawali dari *screening* data yaitu mendefinisikan kata kunci atau topik yang akan diteliti, menentukan basis data untuk pengaksesan sampel atau sumber data. Aplikasi PoP memberikan alternatif pilihan sumber data antara lain *Crossref*, *Google Scholar*, *OpenAlex* dan *Scopus*. Hasil pencarian data dengan menggunakan program *Publish or Perish (PoP)* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Hasil pencarian data dengan menggunakan program *Publish or Perish (PoP)*

### 2.1 Identifikasi dan pencarian data

Identifikasi dan pencarian data menggunakan PoP dengan sumber data *Google Scholar* menggunakan kata kunci “*Demolish*” and “*Building*” dengan kriteria artikel yang dipublikasikan kurun waktu antara 2013 sampai dengan 2023 seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter Pencarian jurnal

Parameter	Value
Sumber data	<i>Google Scholar</i>
Strategi pencairan	Kata kunci “ <i>Demolish</i> ” and “ <i>Building</i> ”

Sumber data *Google Scholar* digunakan karena dapat mengumpulkan artikel maksimal sebanyak 1000 data. Sedangkan untuk *Crossref* dan *Scopus* data maksimal pencarian dibatasi sebanyak 200 data. Untuk mengatasi permasalahan ini Setyaningsih et al (2018) merekomendasikan untuk membatasi pencarian dengan mempersempit kata kunci pencarian hanya di judul atau mempersempit kata kunci dengan menambahkan tanda kutip (“...”) pada kata kunci (Setyaningsih et al., 2018). Hasil pencarian yang didapatkan di antaranya seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil pencarian yang relevan sesuai kata kunci

No.	Authors	Title	Year
1	S Wahadamaputera, DD Permata	<i>A Choice between Being Conserve or Demolish: First Baptist Church Building Bandung</i>	2019
2	MA Ulfstjerne, MD Frederiksen	<i>Dying Buildings and the Compulsion to Demolish</i>	2021
3	G Ding, X Ying	<i>Embodied and operating energy assessment of existing buildings–Demolish or rebuild</i>	2019
4	I Shafiei, E Eshtehardian, M Azizi	<i>Management of waste generated by construction and demolish in construction industry projects using the dynamics of systems approach</i>	2021
5	S Vastmans	<i>CJEU in KPC Herning: The Supply of Land with a Building to Be Demolished Is Not Necessarily a VAT Taxable Supply of Building Land</i>	2020
6	K Chmielewska	<i>Legitimation of Communism: To Build and to Demolish</i>	2021
7	E Broniewicz, K Dec	<i>Environmental Impact of Demolishing a Steel Structure Design for Disassembly</i>	2022
8	V Badjatiya, P Gupta	<i>Utilisation With Forecasting of Demolish and Construction Waste in Environment Management</i>	2022
9	E Meaney, CLF Barros, JME Muñoz	<i>The attempt to demolish the science and practice of preventive cardiovascular medicine. Part I Addendum to the positioning around the diagnosis and treatment of ...</i>	2019
10	AH Buller, BA Memon, IN Sodhar, M Oad...	<i>Reuse Of Construction and Demolished Waste as Aggregates in Concrete: A Review</i>	2020

## 2.2 Seleksi data

Untuk memilah dan menghilangkan artikel yang tidak relevan berdasarkan kesesuaian pembahasan dilakukan dengan cara menghilangkan tanda centang pada setiap artikel yang tidak dibutuhkan. Hasil pencarian didapatkan sebanyak 995 artikel dengan dibatasi dari tahun 2013 – 2023 dan tidak termasuk artikel yang masih dalam tahap penerbitan. Setelah artikel dipilih dilanjutnya dengan disimpan dalam format *As Ris/RefManager*. Dari data yang didapat juga disalin ke *microsoft excel* yang akan dirapikan dan dibuat dalam tabel untuk mempermudah reuiu.

## 2.3 Analisis Data

Pemetaan literatur dilakukan dengan menggunakan bantuan aplikasi *VOSviewer*. *VOSviewer* adalah sebuah piranti lunak yang berguna untuk pemetaan berdasarkan data jejaring dan sekaligus untuk pemvisualisasian dan pengeksporasian peta tersebut. Aplikasi ini digunakan dengan berdasarkan pendekatan hubungan antar kata kunci yang sebelumnya dilakukan dengan aplikasi *PoP*. Aplikasi ini secara ringkas berfungsi menciptakan peta berdasarkan data jejaring, data bibliometrik atau data teks. Untuk pemetaan data jejaring, file yang

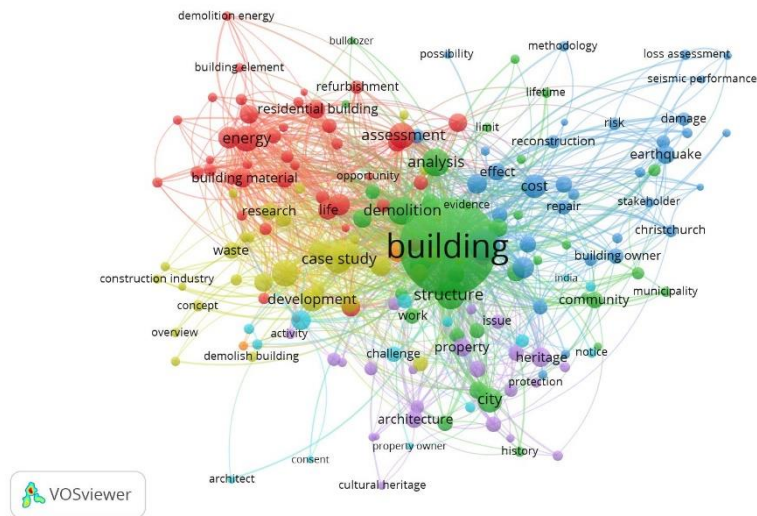
dibutuhkan adalah file *VOSviewer*, file *Graph Modeling language (GML)* atau file *Pajek*. Jika peta yang dibuat berdasarkan data bibliometrik, maka file yang dibutuhkan adalah RIS, Crossref JSON atau Scopus. Untuk peta berdasarkan data teks, maka data yang dibutuhkan tidak jauh berbeda dengan data bibliometrik. Fungsi yang lain dari aplikasi ini adalah memvisualisasi dan mengeksplorasi peta, yang diantaranya adalah visualisasi jaringan (*the network visualization*), visualisasi hamparan (*overlay visualization*) dan visualisasi kepadatan (*density visualization*). (Alfitman & Widodo, 2019).

Analisis bibliometric, langkah-langkah analisis dimulai dengan membuka program *VOSviewer*, klik *create*, pilih *create a map based on text data*, pilih *read data from reference manager files*, pilih file yang telah disimpan sebelumnya dalam bentuk *As Ris/RefManager* klik *next*. Artikel yang diolah muncul pilihan *minimum number of occurrences* 10 yang artinya kata yang keluar sebanyak 10 kali dari jumlah artikel yang diolah dan muncul 95 kata dari semua kata kunci saat pencarian. Dipilih *minimum number* 5, didapatkan sebanyak 277 kata, kemudian klik *next*. Angka terseleksi sebanyak 166, dimaksimalkan menjadi 277, kemudian klik *next*. *VOSviewer* menampilkan kata-kata yang saling berkaitan, maka dipilih kata kunci yang berhubungan dengan tema yang diteliti kemudian klik *finish*. Hasil analisis bibliometrik dengan *VOSviewer* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil analisis kata kunci *VOSviewer*

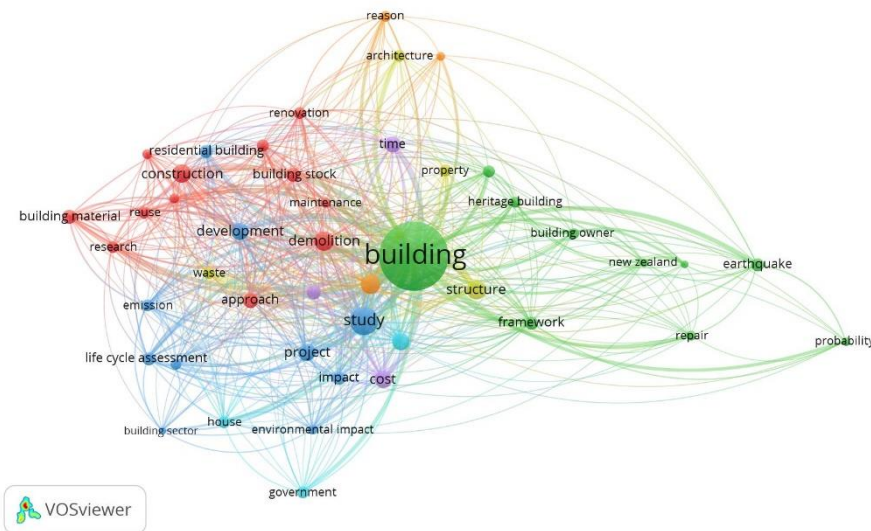
Kata kunci	Kejadian	Relevansi
<i>building</i>	756	0.1107
<i>decision</i>	82	0.1801
<i>structure</i>	67	0.1844
<i>demolition</i>	64	0.142
<i>case study</i>	62	0.1673
<i>analysis</i>	61	0.1904
<i>construction</i>	60	0.2217
<i>assessment</i>	55	0.2223
<i>energy</i>	54	0.5449
<i>project</i>	52	0.3628
<i>city</i>	51	0.5582
<i>cost</i>	46	0.2846
<i>development</i>	44	0.2941
<i>process</i>	40	0.1958
<i>approach</i>	38	0.2597
<i>end</i>	38	0.6776
<i>value</i>	38	0.3076
<i>strategy</i>	35	0.2139
<i>heritage</i>	33	0.4324
<i>management</i>	33	0.4215

Dari analisis *VOSviewer* didapatkan visualisasi seperti pada Gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2 Visualisasi jaringan kemunculan kata kunci dan kluster dalam literasi yang dianalisis

Dari visualisasi jaringan sesuai kata kunci dan number minimal, buat ulang kembali dengan menyesuaikan minimum numbernya menjadi 10 dan maksimalkan kata keluar sebanyak 95. Visualisasi jaringan dapat dilihat pada Gambar 3.



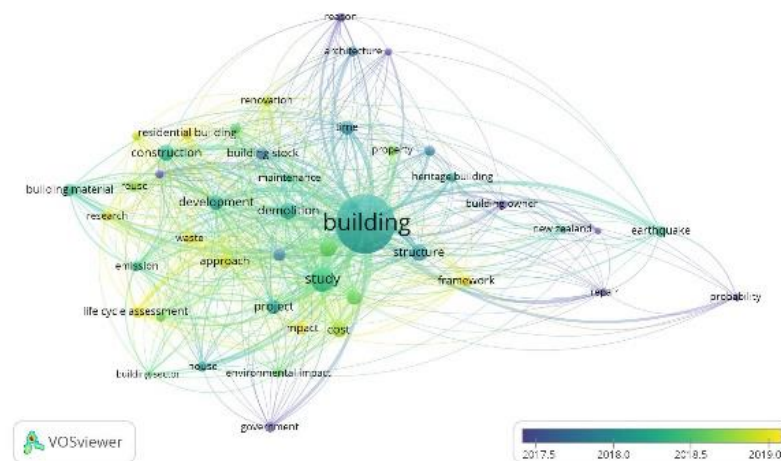
Gambar 3. Visualisasi jaringan kemunculan kata kunci dan kluster dalam literasi yang dianalisis setelah dilakukan penyesuaian

Dari hasil visualisasi, klik item, maka akan diketahui terdapat 7 kluster yang berarti ada satu kluster yang beriris dan berdekatan berdasarkan hasil visualisasi. Klusterisasi atau analisis kluster adalah metode yang digunakan dalam visualisasi jaringan untuk mengidentifikasi kelompok entitas yang saling terhubung erat berdasarkan pola hubungan diantara mereka. Sedangkan pada aplikasi ini, klusterisasi dilakukan dengan menggunakan *algoritma modularity-based clustering*. Hasil pembagian kluster dapat dilihat pada Tabel 4.

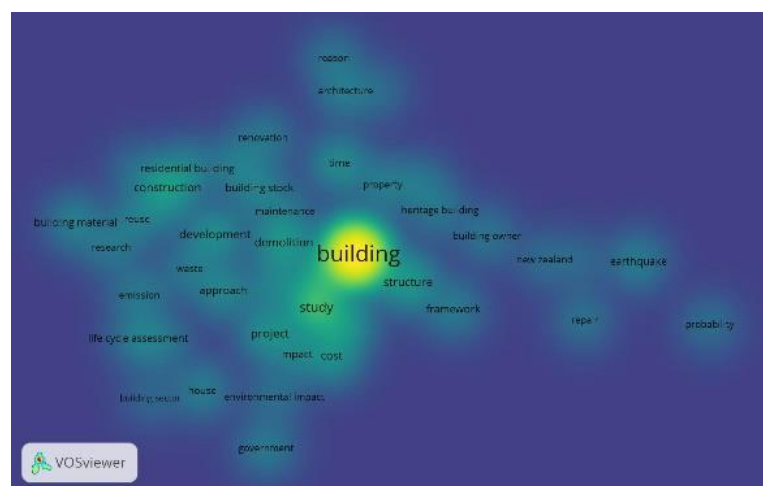
Tabel 4 Klasterisasi berdasarkan warna

Klaster	Merah	Hijau	Biru
1	214	39	40
2	44	160	44
3	31	119	180
4	188	189	34
5	148	103	189
6	23	190	207
7	255	127	14

Kluster berwarna merah terdiri dari entitas yang menggunakan *keyword* yang serupa dan saling terkait secara tematik. Kluster berwarna hijau menunjukkan kelompok entitas yang terkait secara tematik, tetapi tidak memiliki keterkaitan yang erat seperti klater lainnya. Klater berwarna biru menunjukkan kelompok entitas yang menggunakan keyword yang berkontribusi pada kolaborasi penelitian yang erat.(Muhammad & Triansyah, 2020)



Gambar 4 Visualisasi jaringan *overlay*



Gambar 5 Visualisasi jaringan *density*

Sedangkan untuk *visualisasi overlay*, bisa diketahui dari tingkat kecerahan, warna yang cerah menunjukkan tema artikel dengan tahun penerbitan yang lebih baru jika dibandingkan dengan warna yang lebih gelap. Visualisasi jaringan *overlay* dan *density* seperti yang ditampilkan pada Gambar 4 dan 5.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Menurut (Baker et al., 2021) pertimbangan penelitian menunjukkan bahwa warisan budaya dan dampaknya dianggap sangat berbeda, di mana bangunan bersejarah menjadi faktor utama dalam konservasi bangunan tertentu, sedangkan emisi dari bangunan tersebut menjadi pertimbangan utama.

Menurut (Zakashvili, 2019) bangunan-bangunan yang didirikan tanpa izin di atas tanah milik negara yang pembangunannya tidak diperbolehkan menurut hukum atau penangguhan penegakan keputusan pengadilan (pendudukan ilegal) akan dibongkar.

#### 3.1 Persiapan perencanaan pembongkaran

Pada pelaksanaan pembongkaran paling sedikit dilengkapi dengan dokumen SMKK, rencana teknis pembongkaran dan laporan pelaksanaan pembongkaran. (RAKYAT, 2021).

Pada skema pelaksanaan pekerjaan konstruksi pembongkaran sebagaimana tertuang dalam Peraturan Menteri PUPR No. 9 Tahun 2021 tentang Pedoman Penyelenggaraan Konstruksi Berkelanjutan telah disebutkan bahwa sebelum melakukan pembongkaran dilakukan terlebih dahulu identifikasi komponen bangunan yang dapat didaur ulang, dimanfaatkan kembali dan/atau dimusnahkan.

Menurut (Gonzalez et al., 2021) sebuah studi pendahuluan disajikan untuk menilai secara kuantitatif dampak lingkungan dari pembongkaran gedung, sebagai poin penting dalam memasukkan pertimbangan lingkungan ke dalam keputusan pembongkaran pasca gempa.

#### 3.2 Perencanaan kegiatan pembongkaran

Menurut (Khandve et al., 2014) perencanaan pembongkaran dimulai dengan melakukan survei lokasi bangunan yang akan dibongkar, menyelidiki akses jalan, kondisi bangunan, dan kondisi struktur bangunan itu sendiri, serta menentukan metode dan alat yang tepat untuk pembongkaran. Studi tersebut juga menunjukkan bahwa pemeriksaan forensik atau struktur bangunan harus dilakukan sebelum pekerjaan pembongkaran dimulai, sehingga material yang terkandung di dalam bangunan dapat diidentifikasi secara positif. Pekerjaan pembongkaran di lokasi akan terpengaruh.

Saat ini, metode konstruksi rotasi vertikal tradisional digunakan untuk bangunan kayu dan memerlukan perbaikan tambahan pada pondasi, yaitu pembongkaran dan pembangunan kembali pada pondasi yang baru dibangun. Metode konstruksi alternatif yang disajikan dalam artikel ini mengusulkan untuk menghilangkan struktur yang melorot dengan mengangkat dan mengganti pondasi di bawah struktur yang ada secara tidak merata. (Gromysz & Orwat, 2020).

#### 3.3 Metode pembongkaran

Menurut (Khandve et al., 2014) cara pembongkaran berbeda-beda tergantung jenis bangunan, lokasi, dan tingkat kesulitan pekerjaan pembongkaran.



Pembongkaran bangunan dan struktur biasanya dilakukan dengan urutan yang berbeda dari saat dibangun. Metode pembongkaran yang digunakan pada pekerjaan konstruksi antara lain:

1) Metode *top-down* manual

Metode pembongkaran ini adalah dengan melakukan pembongkaran secara manual dengan bantuan alat sederhana tanpa menggunakan mesin atau alat berat. Cara ini melibatkan pembongkaran bangunan dari atas ke bawah, dan bervariasi tergantung jenis bangunan dan lokasinya, ditunjukkan pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6 Metode pembongkaran *top-down* manual

2) Metode *top-down* dengan mesin

Ini adalah metode pembongkaran bangunan dari atas ke bawah dengan menggunakan mesin dan alat berat. Cara ini pun berbeda-beda tergantung jenis bangunan dan lokasinya. Pembongkaran akan dilakukan dengan membongkar bangunan utama secara bertahap, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Metode pembongkaran *top-down* dengan mesin

3) Metode *wrecking ball*

Pembongkaran ini dilakukan dengan menggunakan alat berat berupa *crane* untuk membombardir bangunan tersebut dengan bola baja, seperti pada Gambar 8.



Gambar 8 Metode pembongkaran *wrecking ball*

#### 4) Metode peledakan

Ini adalah metode pembongkaran di mana bahan peledak ditempatkan di lokasi yang telah diperhitungkan dan diledakkan, menyebabkan struktur bangunan runtuh secara alami. Cara ini tergantung pada jenis bangunan dan lokasi bangunan. Pembongkaran dengan proses peledakan dapat dilakukan secara bertahap atau sekaligus. Dan cara ini menimbulkan resiko yang tinggi terhadap lingkungan dan bangunan itu sendiri.

Menurut (Zhang et al., 2020) metode pembongkaran dengan cara peledakan mempunyai kelebihan yaitu jangka waktu konstruksi yang singkat, ekonomis dan konstruksi yang mudah, namun juga mempunyai beberapa dampak yang kurang baik, karena getaran yang ditimbulkan oleh peledakan dapat mengakibatkan kerusakan pada struktur di daerah peledakan.

Untuk pekerjaan peledakan di dalam terowongan (Wu et al., 2022) menyebutkan dampak getaran akibat ledakan terowongan kereta bawah tanah terhadap bangunan di sekitarnya. Teknik analisis *Harmonic homotopy transform (HHT)* dan analisis *wavelet* digunakan untuk evaluasi energi skema optimasi.

Menurut (Ruan & Sheng, 2023) Ketika pembongkaran *cut-blasting* dilakukan, tiang pembongkaran bangunan akan berkurang secara bertahap seiring dengan bertambahnya ketinggian posisi pemotongan yang berbeda, dan perubahan posisi pemotongan tengah akan berdampak paling besar pada tiang pembongkaran. Ketika sudut pemotongan meningkat pada setiap posisi, tumpukan pelepasan menunjukkan kecenderungan untuk meningkat terlebih dahulu dan kemudian menurun.

Saat merencanakan proyek penghancuran ledakan, ada gunanya menggunakan simulasi numerik metode elemen hingga untuk memprediksi hasil ledakan. Hal ini meningkatkan kemungkinan keberhasilan penghancuran bahan peledak dan mengurangi biaya ekonomi. (Yabo et al., 2023).

### 3.4 Pengelolaan limbah bongkaran

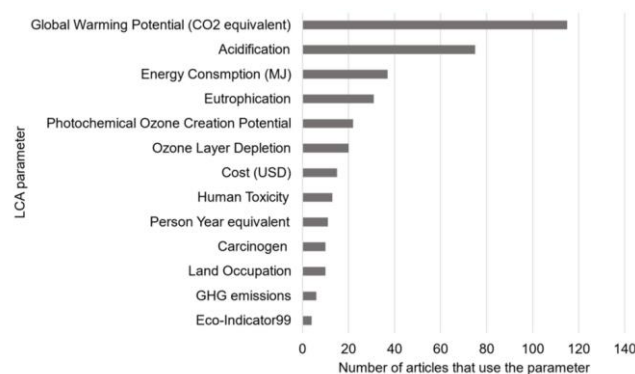
Pada saat suatu bangunan dibongkar, selalu ada material pembongkaran yang dapat digunakan kembali dan material pembongkaran yang tidak dapat digunakan kembali. Pembuangan limbah pembongkaran sangat penting karena akan

menimbulkan banyak masalah jika tidak ditangani dengan serius. Untuk mengatasi masalah ini, pilihan terbaik adalah menggunakan kembali limbah konstruksi yang dihasilkan selama pembongkaran. Ketika limbah pembongkaran konstruksi digunakan sebagai agregat kasar pada beton, dan proporsi agregat daur ulang adalah 50%, hasil yang memuaskan diperoleh pada beton siap pakai. Massa jenis agregat yang diperoleh dari bahan daur ulang sebesar 84,19% dari massa jenis agregat kasar alam yang digunakan dalam pekerjaan. (Buller et al., 2020).

Menurut (Ostyakova & Mazurin, 2021) sampah, khususnya limbah konstruksi dan pembongkaran, merupakan sumber daya berharga untuk digunakan kembali. Daur ulang sampah dan pemanfaatan sekundernya di berbagai sektor merupakan salah satu tantangan sosial-ekonomi, lingkungan dan teknologi dalam industri modern. Hal ini menentukan kebijakan penghematan bahan dan pengurangan biaya energi serta peningkatan keramahan lingkungan dalam produksi industri bahan bangunan.

Menurut (Giang et al., 2020) Di Vietnam, perusahaan menampilkan sejumlah aktivitas dan pencapaian dari kontribusinya terhadap industri daur ulang limbah konstruksi.

Parameter *Life Cycle Assessment (LCA)* yang paling umum digunakan adalah potensi pemanasan global, pengasaman, konsumsi energi, eutrofikasi, dan faktor produksi fotokimia ozon, yang merupakan parameter tradisional yang termasuk dalam pendekatan LCA. Beberapa parameter yang menarik dan tidak konvensional seperti biaya, penggunaan lahan, dan indikator lingkungan juga lebih jarang muncul pada pekerjaan-pekerjaan terpilih. (Mesa et al., 2021). Analisis secara terperinci dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9 Distribusi parameter material yang paling banyak digunakan

Menurut (Broniewicz & Dec, 2022) metode *Life Cycle Assessment (LCA)* digunakan untuk menilai konsumsi energi dan emisi gas rumah kaca selama pembongkaran dan pengoperasian struktur baja. Baja sepenuhnya dapat didaur ulang dan merupakan bahan yang paling banyak didaur ulang di dunia dalam hal tonase. Tiga skenario dievaluasi yang digunakan antara lain adalah skenario pertama, pembongkaran diikuti dengan peleburan kembali baja bekas, fabrikasi bagian dan perakitan struktur baru. skenario kedua melibatkan perbaikan elemen baja yang dipulihkan dan perakitan struktur baru dengan menggunakannya. skenario ketiga adalah kombinasi dari dua bagian sebelumnya, dengan asumsi hanya separuh bagian yang dapat digunakan kembali.

Parameter yang mungkin mempengaruhi penilaian dampak lingkungan dari proses yang diterapkan pada setiap skenario disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5 Parameter yang digunakan untuk analisis dan dampak perubahannya**

Parameter	Skenario	Nilai yang diasumsikan	Yang mempengaruhi	Faktor lainnya	Pengaruh terhadap analisis
Jarak pabrik baja	1, 2	Transportasi darat 500 km	Konsumsi bahan bakar	Melewati jalan dan melewati rel	rendah
Koneksi elemen baja	1, 2, 3	Baut	Maksimum prosentase	Dilas	Sangat besar

Sumber: Broniewicz & Dec, 2022

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Tujuan penerapan metode pembongkaran bangunan untuk mencapai pengurangan limbah konstruksi, efisiensi dalam penggunaan sumber daya alam, dan memberikan dampak lingkungan lebih positif. Beberapa kelebihan metode ini termasuk penghematan biaya material konstruksi, pengurangan limbah konstruksi dan penggunaan kembali material yang masih layak, namun beberapa kekurangannya memerlukan perencanaan dan manajemen yang baik untuk memastikan keselamatan dan efisiensi selama proses pembongkaran, juga memerlukan waktu dan upaya ekstra daur ulang material dan mengelola limbah yang dihasilkan. Daur ulang merupakan alternatif yang menjanjikan untuk mengurangi limbah konstruksi dan menekankan penggunaan kembali bahan bangunan. Meskipun terdapat potensi besar untuk meningkatkan keberlanjutan industri konstruksi, tantangan di bidang logistik, teknologi daur ulang, dan kesadaran masyarakat masih perlu diatasi. Dukungan pemerintah, kolaborasi industri, dan pendidikan masyarakat diperlukan untuk meningkatkan penerapan praktik daur ulang. Secara keseluruhan, menggabungkan prinsip pembongkaran dan daur ulang yang berkelanjutan adalah dasar untuk menciptakan industri konstruksi yang lebih ramah lingkungan. Dengan memprioritaskan pemikiran jangka panjang dan penggunaan sumber daya secara bijaksana, masa depan di mana pembongkaran dan daur ulang tidak hanya diperlukan, namun juga peluang untuk menghormati warisan budaya, mengurangi dampak lingkungan, dan mendorong keberlanjutan dapat dibangun.

### 4.2 Saran

Hal-hal yang perlu dilakukan antara lain melakukan edukasi dan peningkatan kesadaran antar pemangku kepentingan, penyiapan tempat pembuangan sampah pembongkaran, identifikasi bahan daur ulang, penetapan target daur ulang sampah, kerjasama dengan pihak ketiga, dan pengenalan inovasi dan teknologi untuk mendaur ulang limbah pembongkaran. Melibatkan pemerintah dan masyarakat dalam penerapan material berkelanjutan melalui penggunaan limbah pembongkaran, khususnya limbah konstruksi.

Dengan menerapkan saran-saran ini, diharapkan dapat meningkatkan praktik daur ulang limbah konstruksi secara keseluruhan dan berkontribusi pada pengembangan industri konstruksi yang lebih berkelanjutan.

### Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana dengan baik berkat bantuan beberapa pihak diantaranya: Balai Besar Wilayah Sungai Mesuji Sekampung yang memberikan dukungan data stasiun dan curah hujan. BAPPEDA Kota Bandar Lampung yang telah memberikan dukungan data SHP dan DEM untuk pemodelan HEC-RAS, Pascasarjana Universitas Lampung dan Institut Teknologi Sumatera sebagai pusat analisis data. Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas dukungan yang diberikan.

### Daftar Kepustakaan

- Alfitman, R., & Widodo, D. E. (2019). *Studi Literatur dengan Bibliometrika: Sebuah Pendekatan Mendapatkan Topik Penelitian Menggunakan PoP, Mendeley, dan VOSViewer*.
- Arfa, F. H., Zijlstra, H., Lubelli, B., & Quist, W. (2022). Adaptive reuse of heritage buildings: From a literature review to a model of practice. *The Historic Environment: Policy & Practice*, 13(2), 148–170.
- Badjatiya, V., & Gupta, P. (2022). *Utilisation With Forecasting of Demolish and Construction Waste in Environment Management*.
- Baker, H., Moncaster, A., Remøy, H., & Wilkinson, S. (2021). Retention not demolition: how heritage thinking can inform carbon reduction. *Journal of Architectural Conservation*, 27(3), 176–194.
- Broniewicz, E., & Dec, K. (2022). Environmental Impact of Demolishing a Steel Structure Design for Disassembly. *Energies*, 15(19), 7358.
- Buller, A. H., Memon, B. A., Sodhar, I. N., Oad, M., & Buller, A. S. (2020). Reuse Of Construction and Demolished Waste as Aggregates in Concrete: A Review. *Journal of Computer Engineering in Research Trends*, 7(8), 41–48.
- Gherman, I.-E., Lakatos, E.-S., Clinci, S. D., Lungu, F., Constandoiu, V. V., Cioca, L. I., & Rada, E. C. (2023). Circularity Outlines in the Construction and Demolition Waste Management: A Literature Review. *Recycling*, 8(5), 69.
- Giang, N. H., Tan, N. H., Quang, N. T., Hien, N. X., & Kawamoto, K. (2020). Sustainable management and technologies for recycled construction demolition waste in Vietnam. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 869(3), 032040.
- Gonzalez, R. E., Stephens, M. T., Toma, C., Elwood, K. J., & Dowdell, D. (2021). Post-earthquake demolition in Christchurch, New Zealand: A case-study towards incorporating environmental impacts in demolition decisions. In *Advances in Assessment and Modeling of Earthquake Loss* (pp. 47–64). Springer International Publishing Cham.
- Gromysz, K., & Orwat, J. (2020). Removal of deflection and reconstruction of foundations of the historic museum building. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 960(3), 032051.
- Khandve, P., Rathi, S. O., & Khandve, P. V. (2014). Demolition of Buildings-An Overview. In *International Journal of Advance Engineering and Research Development (IJAERD)* (Vol. 1, Issue 6). <https://www.researchgate.net/publication/292695529>

- Mesa, J. A., Fúquene-Retamoso, C., & Maury-Ramírez, A. (2021). Life cycle assessment on construction and demolition waste: A systematic literature review. *Sustainability*, *13*(14), 7676.
- Muhammad, I., & Triansyah, F. A. (2020). *Panduan Lengkap Analisis Bibliometrik dengan VOSviewer: Memahami Perkembangan dan Tren Penelitian di Era Digital*. Penerbit Adab.
- Niedostatkiwicz, M., & Majewski, T. (2022). Demolition of the cereal elevator building located in the conservation protection zone in the aspect of technical, functional-utility and economic conditions. *Inżynieria Bezpieczeństwa Obiektów Antropogenicznych*, *3*.
- Ostyakova, A. V., & Mazurin, D. M. (2021). Management of the waste of construction and demolition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, *1030*(1), 012103.
- Permata, D. D., Kuswandy, A. S., Riza, A. I., Sakti, P. F., & Diana, T. I. (2020). The centrum-bandung: Adaptive reuse at heritage building as sustainable architecture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *409*(1), 012036.
- Rakyat, m. P. U. D. A. N. P. (2021). *Peraturan menteri pekerjaan umum dan perumahan rakyat republik indonesia nomor 9 tahun 2021 tentang pedoman penyelenggaraan konstruksi berkelanjutan*.
- Ruan, J., & Sheng, D. (2023). Prediction Model of Demolition Stack for High-Rise Buildings Under Extremely Close Protection Conditions. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1–9.
- Sari, O. L., Adi, T. J. W., & Munif, A. (2019). Selection model of building demolition method based on expert system. *Third International Conference on Sustainable Innovation 2019–Technology and Engineering (IcoSITE 2019)*, 58–61.
- Setyaningsih, I., Indarti, N., & Jie, F. (2018). Bibliometric analysis of the term 'green manufacturing'. *International Journal of Management Concepts and Philosophy*, *11*(3), 315–339.
- Wahadamaputera, S., & Permata, D. D. (2019). A Choice between Being Conserve or Demolish: First Baptist Church Building Bandung. *Indonesian Journal of Built Environmental & Sustainability (IJOBES)*, *1*(2), 54–61.
- Wu, Y., Mu, C., Zong, Q., Wu, J., & Zhou, H. (2022). Study on blasting vibration control of brick-concrete structure under subway tunnel. *Applied Sciences*, *12*(21), 10960.
- Yabo, C., Ning, L., Haohao, Z., Yujie, D., Weifu, S., & Jiwei, D. (2023). Application of controlled blasting demolition technology in ultra-high coaxial thin-walled steel inner cylinder reinforced concrete chimney. *Case Studies in Construction Materials*, *18*, e01936.
- Zakashvili, U. (2019). Special considerations of demolition of the buildings and structures constructed without a permit on the state-owned land parcel restricted for construction. *Studia Prawa Publicznego*, *3* (27), 73–92.
- Zhang, Q., Guo, Y., Zhong, H., Miao, T., & Wang, X. (2020). Research on the impact of building blasting vibration on the safety of adjacent subway structures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *587*(1), 012082.

Copyright (c) Sunaryo, Oei Fuk Jin