

Analisis Faktor Yang Mempengaruhi Penerapan Implementasi Pengolahan Limbah Konstruksi Berkelanjutan Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat

Salsafanti Alifthania Ramadhani^{1,*}, I Putu Artama Wiguna¹

Departemen Teknik Sipil¹, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: salsafanti@gmail.com

	Info Artikel	Abstract
Diajukan	07 Juli 2024	<i>The construction industry in Indonesia produces a significant amount of construction and demolition waste, most of which ends up in landfills without being effectively reused or recycled. In 2021, Indonesia managed only 14.96 million tonnes of waste out of 29 million tonnes, indicating room for improved waste management. This has negative impacts on environmental, social, and economic aspects. Sustainable construction waste management has not been a significant focus in Indonesia. This research aims to analyze the factors that hinder and support the implementation of sustainable construction waste management in Indonesia. It includes economic, social, environmental, technical, and government regulatory aspects. The study utilized data from previous research and a questionnaire survey of 51 respondents. Exploratory factor analysis was used for data processing. The analysis revealed that the main hindering factors were government regulations, technical, environmental management, social, and economic interest factors. On the other hand, the main supporting factors included regulatory factors, technical factors, and economic factors.</i>
Diperbaiki	01 Agustus 2024	
Disetujui	01 Agustus 2024	

Keywords: construction and demolition waste, sustainable construction waste management, exploratory factor analysis

Abstrak

Industri konstruksi telah menghasilkan limbah konstruksi dan pembongkaran dalam jumlah yang sangat besar dan sebagian besar dibuang ke tempat pembuangan akhir yang tidak secara efektif digunakan kembali atau didaur ulang. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), hanya sekitar 14,96 juta ton dari 29 juta ton limbah dikelola di Indonesia pada tahun 2021. Hal ini menimbulkan dampak buruk terhadap berbagai aspek berkelanjutan seperti aspek lingkungan, sosial dan ekonomi. Namun, permasalahan ini belum menjadi perhatian utama di Indonesia. Berdasarkan masalah tersebut tujuan penelitian ini untuk menganalisis faktor penghambat dan pendukung penerapan pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan ditinjau dari aspek ekonomi, sosial, lingkungan, teknis dan peraturan pemerintah di Indonesia. Variabel yang digunakan didapatkan dari penelitian terdahulu dan teknik pengumpulan data menggunakan survei kuesioner penelitian kepada 51 responden. Pengolahan data menggunakan analisis faktor eksploratori. Dari hasil analisis diperoleh faktor penghambat utama adalah faktor peraturan pemerintah; faktor teknis; faktor manajemen lingkungan; faktor sosial dan faktor kepentingan ekonomi. Faktor pendukung utama adalah faktor peraturan pendukung; faktor teknis dan faktor ekonomi.

Kata kunci: limbah konstruksi dan pembongkaran, pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan, analisis faktor eksploratori.

1. Pendahuluan

Peningkatan urbanisasi dan pertumbuhan penduduk di negara berkembang seperti Indonesia telah mendorong peningkatan jumlah proyek konstruksi untuk membangun lebih banyak infrastruktur untuk memenuhi harapan generasi saat ini dan generasi mendatang [1]. Berdasarkan Rancangan Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (RAPBN) tahun 2023, besaran anggaran infrastruktur di Indonesia mengalami pertumbuhan sebesar 7,8% dibanding tahun 2022. Namun, di negara berkembang seperti di Indonesia perkembangan industri konstruksi yang meningkat telah menghasilkan limbah konstruksi dan pembongkaran dalam jumlah besar. Limbah konstruksi dan pembongkaran dianggap sebagai penghasil limbah terbesar di seluruh dunia, dan telah mencapai 30-40%

dari total limbah padat [2]. Jumlah limbah konstruksi dan pembongkaran secara global diperkirakan melebihi 10 miliar ton per tahun dan sekitar 35-65% berada di tempat buangan sampah [3]. Berdasarkan data dari Statista, hanya sekitar 14,96 juta ton limbah dikelola di Indonesia pada tahun 2021.

Limbah konstruksi dan pembongkaran atau biasa disebut dengan *Construction and Demolition Waste* (CDW) adalah material yang terbuang dari semua kegiatan konstruksi [3]. 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[4]. Sebagian besar

limbah konstruksi dan pembongkaran dibuang ke tempat pembuangan akhir yang tidak secara efektif digunakan kembali atau didaur ulang dan akhirnya menimbulkan dampak buruk terhadap berbagai aspek berkelanjutan [3], [5].

Limbah konstruksi dan pembongkaran memiliki dampak negatif terhadap aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial, seperti penggunaan sumber daya alam yang tidak berkelanjutan, peningkatan konsumsi sumber daya, emisi gas rumah kaca dan pemanasan global, potensi kontaminasi air tanah yang mengandung bahan berbahaya, degradasi estetika dan kerusakan lahan [4]. Hal ini bisa terjadi karena kurangnya dana yang memadai, rencana yang kurang efektif, tim yang kurang terampil dalam mengimplementasikan pengolahan limbah konstruksi dan kurangnya partisipasi publik [4]. Banyak penelitian telah dilakukan di bidang manajemen limbah konstruksi dan pembongkaran dengan berfokus pada hirarki manajemen limbah konstruksi dan pembongkaran termasuk strategi *reduce*, *reuse*, dan *recycle*, yang dikenal sebagai prinsip dasar manajemen limbah konstruksi [6], namun hal ini tampaknya tidak efektif untuk mengelola limbah konstruksi dan pembongkaran [7], [8].

Pengelolaan limbah konstruksi yang efektif telah dinilai dari perspektif keberlanjutan dengan mengevaluasi aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan [9]. Fokus utama pengelolaan limbah konstruksi saat ini adalah untuk meminimalisasi pembuangan yang ilegal dan mempromosikan pembangunan berkelanjutan. Sistem pengelolaan limbah dikatakan berkelanjutan jika sistem tersebut efektif secara lingkungan, terjangkau secara ekonomi, dan dapat diterima secara sosial, dan pengelolaan limbah padat yang paling efektif adalah yang sesuai dengan prioritas lingkungan, ekonomi, dan sosial setempat [10].

Dengan dampak lingkungan dan sosial dari limbah konstruksi semakin meningkat, solusi ideal untuk membalikkan dampak negatif dari pekerjaan konstruksi adalah dengan mengadopsi praktik konstruksi berkelanjutan. Namun, pengelolaan limbah konstruksi masih kurang terintegrasi dengan konsep keberlanjutan [11]. Praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan diperlukan untuk menyeimbangkan dampak sosial, manfaat ekonomi, dan lingkungan [12]. Dengan memahami faktor yang mempengaruhi penerapan pengolahan limbah konstruksi berupa faktor pendukung dan penghambat dapat mendorong pengembangan strategi yang ramah lingkungan, tidak berbahaya bagi sosial, dan layak secara ekonomi [11]. Studi sebelumnya telah menilai hambatan terhadap pengelolaan limbah konstruksi dan pembongkaran yang berkelanjutan. Beberapa studi menunjukkan bahwa faktor ekonomi adalah yang paling berpengaruh dalam CDW

baik dari perspektif pemerintah maupun kelembagaan mengemukakan bahwa mengatasi hambatan dalam peraturan dan sosial dapat secara signifikan berpengaruh meningkatkan kinerja pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan [13].

Selain itu, bahwa hambatan teknis penting karena kompleksitas pengelolaan sampah; sumber daya teknis seperti proses, prosedur, dan orang yang tepat diperlukan untuk kegiatan pengelolaan sampah [5]. Tidak hanya itu, perbaikan dalam sistem regulasi, kesadaran sosial, praktik teknis, dan pengembangan infrastruktur sampah dengan menggunakan inovasi untuk mengolah sampah diperlukan untuk mencapai pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan [14]. Faktor peraturan dan sosial merupakan faktor penghambat yang menjadi penyebab dari pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan. Hambatan teknis, ekonomi, dan hambatan lingkungan mewakili faktor hambatan akibat. Faktor peraturan pemerintah merupakan atribut pendorong dengan fitur kausal dan paling penting; faktor peraturan pemerintah memiliki pengaruh yang kuat dan mendorong faktor teknis dan lingkungan [15].

Menurut beberapa penelitian terdahulu mengenai faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan dapat disimpulkan bahwa adanya faktor ekonomi, sosial, lingkungan, teknis dan peraturan pemerintah yang signifikan berpengaruh terhadap penerapan pengolahan limbah konstruksi yang berkelanjutan. Dengan mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat dapat membantu para pengambil keputusan untuk mengembangkan upaya peningkatan yang diperlukan untuk mitigasinya. Di sisi lain, banyak negara berkembang termasuk Indonesia yang masih berfokus pada pembangunan dan infrastruktur, dan menyebabkan praktik yang berbeda dalam pengelolaan limbah konstruksi [7].

Berdasarkan Peraturan Presiden No.97 Tahun 2017 pemerintah Indonesia mengintegrasikan program pembangunan nasional dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan pada 2030 dengan menyusun Rencana Aksi Pembangunan Berkelanjutan dalam kerangka peraturan, diikuti dengan program panduan standar pada tahun 2020 menyatakan target pengurangan limbah sebesar 30% dan penanganan sampah sebesar 70% pada tahun 2025. Peraturan pendukung mengenai limbah konstruksi juga termuat Undang Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah. Hal ini menunjukkan bahwa adanya urgensi untuk melakukan pengelolaan limbah konstruksi yang efektif untuk mencapai pembangunan yang berkelanjutan.

Oleh karena itu, kebutuhan untuk meminimalkan limbah konstruksi yang dihasilkan dari kegiatan konstruksi agar dapat memberikan manfaat bagi aspek ekonomi, sosial, dan

lingkungan dari kehidupan masyarakat. Banyak ahli telah mempelajari pentingnya pengelolaan limbah konstruksi di negara maju dan sedikit di negara berkembang, namun masih sedikit studi yang dilakukan mengenai limbah konstruksi di Indonesia, yang mengindikasikan bahwa hal ini belum menjadi perhatian utama di Indonesia. Karena minimalisasi limbah dan pengelolaannya dipengaruhi oleh budaya [16], penerapan praktik pengelolaan limbah di satu negara dapat berbeda dengan di negara lain karena dari prinsip keberlanjutan secara umum terdiri dari beberapa aspek yang dipengaruhi oleh kondisi sosial, ekonomi, lingkungan, budaya, dan peraturan yang berbeda dari suatu negara [7].

Proyek yang akan diteliti adalah proyek konstruksi gedung bertingkat yang ada di Provinsi Jawa Timur. Jawa Timur memiliki pertumbuhan proyek yang tinggi dalam beberapa tahun terakhir di mana perkembangan proyek residensial dan infrastruktur masih mendominasi di antara jenis proyek lain [17]. Tidak hanya itu, 71% penduduk Indonesia diperkirakan akan tinggal di daerah perkotaan pada tahun 2030, yang berakibat emisi sektor bangunan gedung juga diperkirakan tumbuh pada tingkat tahunan sebesar 4,5%.

Pada konstruksi gedung bertingkat, lebih dari 70% limbah yang dihasilkan terdiri dari beton dan agregat karena gedung bertingkat memerlukan jumlah material konstruksi yang lebih besar, termasuk beton, baja, batu bata, kayu, dan lainnya. Hal ini juga dipengaruhi oleh volume bangunan yang lebih besar dan jumlah material yang digunakan untuk membangun gedung bertingkat jauh lebih banyak daripada bangunan rendah [18]. Pada beberapa proyek pembangunan gedung bertingkat di Indonesia, upaya pengelolaan limbah konstruksi yang sudah dilakukan dengan cara menjual limbah konstruksi dan memberikan limbah/material sisa kepada warga sekitar namun cara tersebut dirasa kurang efektif untuk mengurangi limbah konstruksi [7].

Berdasarkan latar belakang empiris dan teoritis, penelitian ini perlu dilakukan untuk menganalisis lebih dalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi yaitu faktor pendukung dan penghambat pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan dengan melihat penerapannya di proyek gedung bertingkat.

2. Metode

Sistem pengelolaan limbah dapat dikatakan berkelanjutan jika sistem tersebut efektif secara lingkungan, terjangkau secara ekonomi, dan dapat diterima secara sosial. Pengelolaan limbah padat yang paling efektif adalah yang sesuai dengan prioritas lingkungan, ekonomi, dan sosial setempat [10]. Maka, penelitian ini berfokus dalam faktor penghambat dan pendukung yang mempengaruhi penerapan pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan di Indonesia.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor penghambat dan pendukung yang mempengaruhi penerapan pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan di Indonesia. Metode penelitian ini adalah penelitian semi kuantitatif di mana responden terkait akan memberikan penilaian terhadap variabel dalam kuesioner yang diajukan. Tahap awal penelitian adalah sintesa variabel penghambat dan pendukung pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan yang didapatkan dari penelitian terdahulu, kemudian dilakukan penyebaran kuesioner pendahuluan kepada *expert* untuk dinilai relevansi variabel yang digunakan. Tahap terakhir adalah penyebaran kuesioner utama penelitian kepada responden dengan menggunakan penilaian skala likert. Analisis data menggunakan metode uji instrumen penelitian dan *Exploratory Factor Analysis* (EFA).

1. Variabel Penelitian

Dengan memahami faktor yang mempengaruhi penerapan pengolahan limbah konstruksi berupa variabel pendukung dan penghambat dapat mendorong pengembangan strategi yang ramah lingkungan, tidak berbahaya bagi sosial, dan layak secara ekonomi [19]. Faktor ekonomi adalah yang paling berpengaruh dalam pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan baik dari perspektif pemerintah maupun kelembagaan [20]. Variabel faktor ekonomi yang paling signifikan dalam praktik berkelanjutan adalah ketidakpastian ekonomi yang tinggi misalnya, proses daur ulang yang mahal dibandingkan dengan nilai produk daur ulang [21].

Faktor peraturan pemerintah merupakan atribut pendorong dan memiliki pengaruh yang kuat dan mendorong faktor teknis dan lingkungan [15]. Faktor peraturan pemerintah merujuk pada adanya kebijakan pendukung tentang pengolahan limbah konstruksi dan adanya visi nasional yang jelas menuju ekonomi sirkular dan pembangunan berkelanjutan [19]. Dengan mengatasi faktor peraturan dan sosial dapat secara signifikan berpengaruh meningkatkan kinerja pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan. Selain itu, faktor teknis dianggap penting karena kompleksitas pengelolaan sampah; sumber daya teknis seperti proses, prosedur, dan orang yang tepat diperlukan untuk kegiatan pengelolaan sampah [5].

Pengolahan limbah konstruksi juga bergantung pada tingkat kesadaran dan konsepsi para pemangku kepentingan proyek konstruksi [11]. Dimensi sosial dari keberlanjutan, seperti kurangnya kolaborasi dan kurangnya komitmen merupakan masalah utama yang mempengaruhi praktik pengolahan limbah berkelanjutan [19].

Menurut beberapa penelitian mengenai faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan dapat

disimpulkan bahwa adanya faktor ekonomi, sosial, lingkungan, teknikal dan peraturan pemerintah yang signifikan berpengaruh terhadap penerapan pengolahan limbah konstruksi yang berkelanjutan.

Berdasarkan studi literatur maka dilakukan sintesis variabel penghambat dan pendukung yang akan digunakan dalam penelitian seperti **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Variabel Penghambat

No	Variabel	Sumber
1	Subsidi Pemerintah	[5]
2	Pendanaan Proyek	[11], [15], [22]
3	Biaya Untuk Pengolahan Limbah Konstruksi	[11], [15], [21]–[23]
4	Harga Bahan Bangunan	[11]
5	Konflik Regional	[23], [24]
6	Kesadaran Pemangku Kepentingan	[11], [15], [19], [22]
7	Pertukaran Informasi	[11], [15], [19], [22]
8	Keterlibatan Masyarakat	[11], [19], [24]
9	Permintaan Daur Ulang	[11], [15], [19]
10	Volume Limbah Konstruksi	[21], [25], [26]
11	Ketersediaan Infrastruktur	[15], [19]
12	Perencanaan Tata Kota	[19]
13	Akses ke Lahan Pembuangan Ilegal	[19]
14	TPA yang Terencana	[19]
15	Teknologi	[15], [22], [25], [27]
16	Sumber Daya Manusia	[11], [19], [22], [25]
17	Karakteristik Proyek Konstruksi	[15], [22]
18	Pengawasan	[11], [15], [19], [22]
19	Penegakan Hukum	[11], [19], [22]
20	Insentif	[11], [15], [19]

2. Populasi, Sampel dan Responden Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah pelaku di industri konstruksi di proyek konstruksi gedung bertingkat yang sedang dilaksanakan di Provinsi Jawa Timur. Sampel penelitian akan dipilih dengan menggunakan metode *purposive sampling*. *Purposive sampling* merupakan teknik pengambilan data dengan menentukan sampel yang sudah dipertimbangkan.

Kriteria pemilihan sampel yaitu proyek gedung bertingkat dengan klasifikasi *mid-rise building* dan *high-rise building* yang ada di Provinsi Jawa Timur. Responden yang akan diberikan kuesioner adalah *construction manager*, *project engineer manager*, *site manager*, *staff*, konsultan pengawas dan konsultan perencana yang memiliki pengetahuan dan pe-

ngalaman langsung dalam pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan. Responden penelitian pada survei pendahuluan sejumlah 10 orang yang merupakan manager pada tiap proyek konstruksi gedung dan responden dalam survei kuesioner utama sejumlah 51 orang.

Tabel 2. Variabel Pendukung

No	Variabel	Sumber
1	Pendapatan Dari Pengolahan Limbah Konstruksi	[21], [23], [28]
2	Efisiensi Ekonomi	[5]
3	Kualitas Hidup Masyarakat	[24]
4	Efisiensi Energi	[25], [26], [29]
5	Kualitas Produk Daur Ulang	[11], [15]
6	Tingkat Kepuasan Publik	[21], [30]
7	Efisiensi Sistem	[11], [15], [19], [25], [31]
8	Konservasi Sumber Daya	[32]
9	Integrasi Pengolahan Limbah Konstruksi Berkelanjutan	[11], [19], [22], [25]
10	Prinsip Desain Hijau	[11], [15], [19]
11	Visi Nasional	[11], [19]
12	Kebijakan Pendukung	[33]

3. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan survei kuesioner yang diberikan kepada responden. Terdapat dua survei kuesioner, survei pertama adalah survei pendahuluan dilakukan dengan tujuan untuk menilai tingkat relevansi variabel yang digunakan. Hasil survei pendahuluan dilakukan uji binomial kuesioner. Uji binomial merupakan uji statistik non parametrik yang digunakan untuk menganalisis data yang memiliki dua kategori hasil.

Survei selanjutnya adalah survei kuesioner utama. Survei kuesioner utama ini dilakukan dimana responden akan memberikan penilaian terhadap variabel penghambat dan pendukung yang telah disediakan. Penilaian dalam penelitian ini menggunakan penilaian skala likert persetujuan variabel yang berpengaruh terhadap pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan yang terlampir pada **Tabel 3**.

4. Analisis Data

Analisis data menggunakan program bantuan *software* statistik program untuk melakukan sebuah analisis statistik. Tahapan analisis data dari survei kuesioner dalam penelitian ini adalah uji instrumen penelitian yang terdiri dari uji validitas dan reliabilitas dan dilanjutkan analisis faktor eksploratori. Uji validitas digunakan untuk mengukur sah atau valid tidaknya suatu kuesioner. Suatu kuesioner dikatakan valid jika pertanyaan pada kuesioner mampu untuk me-

ngungkapkan sesuatu yang akan diukur oleh kuesioner tersebut. Variabel-variabel penelitian dapat dikatakan valid apabila nilai r hitung lebih besar dari nilai r tabel. Uji reliabilitas digunakan untuk mengukur konsistensi jawaban responden. Pengujiannya menggunakan koefisien *Cronbach Alpha* dengan nilai $\geq 0,6$ maka dianggap reliabel.

Tabel 3. Skala Likert Penilaian[34]

Skala Penilaian	Nama Skala	Keterangan
1	Sangat Tidak Setuju	Variabel dianggap sangat tidak berpengaruh
2	Tidak Setuju	Variabel dianggap tidak berpengaruh
3	Netral	Variabel cukup berpengaruh
4	Setuju	Variabel dianggap berpengaruh
5	Sangat Setuju	Variabel dianggap sangat berpengaruh

5. Analisis Faktor Eksploratori

Analisis data selanjutnya adalah menggunakan *Exploratory Factor Analysis* (EFA). EFA adalah salah satu metode analisis faktor untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel manifest atau variabel indikator dalam membangun sebuah konstruk. Metode ini membantu menghilangkan atribut yang berlebihan dan mengganti sejumlah besar variabel dengan jumlah faktor yang tidak berkorelasi lebih sedikit, sementara juga mempertahankan signifikansi dari informasi asli [35]. Input yang digunakan adalah data dari variabel-variabel indikator. Analisis faktor eksploratori (EFA) membantu para peneliti yang tidak tahu berapa banyak faktor menjelaskan keterkaitan di antara sekumpulan item [36].

Sebelum melakukan analisis faktor, tahap pertama harus menentukan variabel terlebih dahulu yang layak untuk dilakukan analisis lebih lanjut. Agar data dapat diketahui kelayakannya maka dilakukan uji *Kaiser Mayer Oikin* (KMO). Selain itu, diperlukan uji statistik yaitu uji *Bartlett Test of Sphericity* untuk melakukan uji hipotesis bahwa variabel tidak saling berkorelasi dalam suatu populasi.

Dalam analisis EFA, dilakukan uji *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) untuk mengukur kecukupan sampling dari setiap variabel yang digunakan. Ekstraksi faktor yang bertujuan untuk mengetahui jumlah faktor yang terbentuk dari data yang ada, dengan melihat nilai *eigen* yang lebih dari 1 (satu). Rotasi faktor diperlukan jika pada ekstraksi faktor belum menghasilkan komponen utama yang jelas. Tujuan dari rotasi faktor ini agar dapat memperoleh struktur faktor yang lebih sederhana agar mudah dalam proses interpretasi.

Interpretasi yakni pemberian nama pada faktor yang terbentuk. Pemberian nama harus sesuai dengan pengubah yang memiliki dominasi faktor terbesar [37]. Penamaan faktor bersifat subyektif, namun beberapa faktor yang ditemukan tidak diberi nama dikarenakan tidak memiliki peubah yang khas atau signifikan [38].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil survei pendahuluan dianalisis menggunakan uji binomial. Uji binomial adalah salah satu metode statistik yang digunakan untuk mengambil keputusan berdasarkan data sampel terhadap hipotesis yang diajukan. Dalam uji binomial digunakan nilai *p-value*. Syarat nilai *p-value* $< 0,5$ yang maka variabel dapat dikatakan relevan. Nilai (α) digunakan nilai 15% karena persen ketidaktelitian atau kesalahan sampel dalam penelitian ini yang diinginkan yaitu 15%. Berikut adalah hasil survei pendahuluan variabel penghambat dan pendukung terlampir pada **Tabel 4** dan **Tabel 5**. Berdasarkan hasil survei pendahuluan dengan uji binomial adalah dari 20 variabel penghambat, variabel penghambat “Subsidi Pemerintah” tidak relevan dan dari 12 variabel pendukung, variabel pendukung “Efisiensi Energi” tidak relevan. Adapun tambahan variabel pendukung lain dari responden yaitu “Penerapan ESG (*Environmental, Social, Governance*)”. Maka total variabel penghambat yang digunakan dalam survei kuesioner utama adalah 19 variabel dan variabel pendukung 12 variabel.

1. Uji Validitas

Uji validitas dilakukan pada 51 responden penelitian. Uji validitas dikatakan valid apabila koefisien korelasi yang dihasilkan $> 0,3$. Adapun nilai r tabel untuk 51 sampel penelitian adalah 0,276. Selain itu, validitas variabel dapat juga dilihat menggunakan nilai *pearson product* momen. Nilai *pearson* kurang dari 0,05 (nilai $p < 0,05$), maka variabel penelitian dikatakan valid. Dari hasil uji validitas semua variabel penghambat dan pendukung pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan memiliki nilai r hitung lebih besar dari nilai r tabel dan nilai *pearson*-nya kurang dari 0,05 sehingga semua variabel penghambat dan variabel pendukung pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan dikatakan valid dan dapat dilakukan analisis selanjutnya.

2. Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengetahui konsistensi alat ukur, apakah alat ukur yang digunakan dapat diandalkan dan tetap konsisten jika pengukuran tersebut diulang. Tingkat konsistensi dapat diukur dengan menggunakan nilai *cronbach alpha*. Suatu variabel dikatakan *reliabel* jika nilai *cronbach alpha* $> 0,60$. Dari hasil uji reliabilitas dapat di-

ketahui nilai *cronbach's alpha* variabel penghambat dan pendukung pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan berada diantara 0,8 - 1,00 yakni masing-masing 0,899 dan 0,901. Hal ini menunjukkan bahwa variabel memiliki tingkat realibilitas yang sangat tinggi.

Tabel 4. Hasil Survei Pendahuluan Variabel Penghambat

Kode	Variabel Penghambat (B)	P value	Kesimpulan
B1	Subsidi Pemerintah	0,2051	Tidak relevan
B2	Pendanaan Proyek	0,0010	Relevan
B3	Biaya Untuk Pengolahan Limbah Konstruksi	0,0010	Relevan
B4	Harga Bahan Bangunan	0,0439	Relevan
B5	Konflik Regional	0,0439	Relevan
B6	Kesadaran Pemangku Kepentingan	0,0098	Relevan
B7	Pertukaran Informasi	0,0098	Relevan
B8	Keterlibatan Masyarakat	0,0439	Relevan
B9	Permintaan Daur Ulang	0,0098	Relevan
B10	Volume Limbah Konstruksi	0,1172	Relevan
B11	Ketersediaan Infrastruktur	0,0439	Relevan
B12	Perencanaan Tata Kota	0,0439	Relevan
B13	Akses Ke Lahan Pembuangan Ilegal	0,1172	Relevan
B14	TPA yang Terencana	0,0098	Relevan
B15	Teknologi	0,0098	Relevan
B16	Sumber Daya Manusia	0,0439	Relevan
B17	Karakteristik Proyek Konstruksi	0,1172	Relevan
B18	Pengawasan	0,0098	Relevan
B19	Penegakan Hukum	0,0098	Relevan
B20	Insentif	0,0439	Relevan

2. Hasil Analisis Faktor Eksploratori (EFA)

Pada bab ini dilakukan uji analisis faktor eksploratori untuk mengelompokkan variabel penghambat faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan. Uji *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO) merupakan uji kelayakan sampel dan syaratnya nilai minimum sebesar 0,5. Berikut adalah hasil uji KMO pada variabel penghambat terlampir pada **Tabel 6**.

Tabel 5. Hasil Survei Pendahuluan Variabel Pendukung

Kode	Variabel Pendukung (S)	P value	Kesimpulan
S1	Pendapatan Dari Pengolahan Limbah Konstruksi	0,2051	Tidak relevan
S2	Efisiensi Ekonomi	0,0010	Relevan
S3	Kualitas Hidup Masyarakat	0,0010	Relevan
S4	Efisiensi Energi	0,0439	Relevan
S5	Kualitas Produk Daur Ulang	0,0439	Relevan
S6	Tingkat Kepuasan Publik	0,0098	Relevan
S7	Efisiensi Sistem	0,0098	Relevan
S8	Konservasi Sumber Daya	0,0439	Relevan
S9	Integrasi Pengolahan Limbah Konstruksi Berkelanjutan	0,0098	Relevan
S10	Prinsip Desain Hijau	0,1172	Relevan
S11	Visi Nasional	0,0439	Relevan
S12	Kebijakan Pendukung	0,0439	Relevan

Tabel 6. Uji KMO Variabel Penghambat

<i>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy</i>		0,741
<i>Bartlett's Test of Sphericity</i>	<i>Approx. Chi-Square</i>	511,718
	Df	171
	Sig.	0,000

Hasil analisis EFA menunjukkan nilai KMO untuk variabel penghambat sebesar 0,741, dan nilai *Bartlett test of sphericity* sebesar 511,718 dengan signifikansi adalah 0,000.

Berikut adalah hasil uji KMO pada variabel pendukung terlampir pada **Tabel 7**. Hasil analisis EFA menunjukkan nilai KMO variabel pendukung sebesar 0,816, dan nilai *Bartlett test of sphericity* sebesar 334,304 dengan signifikansi adalah 0,000. Pada uji KMO dan *Bartlett Test of Sphericity* menunjukkan bahwa sampel yang digunakan cukup memadai untuk dianalisis faktor dan ada hubungan korelasi antar indikator.

Tabel 7. Uji KMO Variabel Pendukung

<i>Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy</i>		0,816
<i>Bartlett's Test of Sphericity</i>	<i>Approx. Chi-Square</i>	224,304
	Df	66
	Sig.	0,000

Selanjutnya, untuk mengukur kecukupan sampling dari setiap variabel, hasil analisis menunjukkan bahwa uji *Measure of Sampling Adequacy* (MSA) pada masing masing variabel penghambat dan pendukung di atas 0,5, yang berarti tidak ada variabel yang tereduksi. Setelah variabel-variabel

memenuhi syarat kelayakan untuk diproses analisis faktor, selanjutnya akan dilakukan proses inti dari analisis faktor yaitu melakukan proses ekstraksi faktor. Dari hasil analisis variabel penghambat, didapatkan bahwa faktor yang terbentuk dengan nilai *eigenvalues* diatas 1 adalah sebanyak 5 faktor. Hal ini mengartikan bahwa dari hasil analisis 19 variabel penghambat akan terbentuk 5 faktor baru. Pada faktor pertama nilainya adalah 7,055 dan persentase variasinya sebesar 37,134%, faktor kedua nilainya adalah 2,350 dan persentase variasi sebesar 12,367%, nilai faktor ketiga adalah 1,646 dan persentase variasi sebesar 8,662%, nilai keempat adalah 1,230 dan persentase variasinya sebesar 6,476%, nilai faktor kelima adalah 1,036 dan persentase variasinya sebesar 5,452%.

Dari hasil analisis variabel pendukung, didapatkan bahwa faktor yang terbentuk dengan nilai *eigenvalues* diatas 1 adalah sebanyak 3 faktor. Dari hasil analisis 12 variabel pendukung akan terbentuk 3 faktor baru. Pada faktor pertama nilainya adalah 5,869 dan persentase variasinya sebesar 48,9096%, faktor kedua nilainya adalah 1,343 dan persentase variasi sebesar 11,191%, nilai faktor ketiga adalah 1,200 dan persentase variasi sebesar 10,003%. Tahap selanjutnya adalah pengelompokan faktor dengan menggunakan metode *varimax* yaitu metode rotasi *orthogonal* untuk meminimalisasi jumlah indikator yang mempunyai *loading factor* tinggi pada tiap faktor yang terlampir pada **Tabel 8**.

Tahapan terakhir adalah melakukan penamaan faktor berdasarkan variabel yang ada pada setiap faktor. Penamaan faktor dari variabel penghambat sebagai berikut.

1. Faktor 1 adalah peraturan pemerintah

Faktor peraturan pemerintah adalah faktor yang paling besar pengaruhnya dari 5 faktor yang terbentuk. Faktor peraturan pemerintah ini terdiri dari 6 variabel yaitu kurangnya insentif atau penghargaan yang diberikan oleh lembaga konstruksi; preferensi negatif terhadap kualitas bahan daur ulang; ketidakpatuhan hukum dan peraturan yang mengatur pengolahan limbah konstruksi; kurangnya perhatian dari para kontraktor terhadap pengelolaan limbah konstruksi; kurangnya pengawasan terhadap perilaku pembuangan ilegal limbah konstruksi; kurangnya area atau ruang untuk pengumpulan limbah konstruksi.

Faktor ini mampu menjelaskan 37,134% dari total variasi. Variabel dengan *loading factor* tertinggi adalah kurangnya insentif atau penghargaan yang diberikan oleh lembaga konstruksi sebesar 0,882. Hal ini mendukung penelitian terdahulu yang mengidentifikasi faktor peraturan pemerintah meliputi insentif dan kepatuhan. Memberikan insentif untuk daur ulang adalah pilihan yang efektif dalam pengelolaan limbah konstruksi [15]. Pemberian insentif dan kepatuhan

terhadap peraturan tentang pengolahan limbah konstruksi yang berlaku oleh lembaga pemerintah dapat mendorong pengolahan limbah konstruksi dan pembongkaran yang berkelanjutan.

Tabel 8. *Rotated Component Matrix* Variabel Penghambat

Variabel	Komponen				
	1	2	3	4	5
Faktor 1					
Insentif	0,882				
Permintaan Daur Ulang	0,808				
Penegakan Hukum	0,715				
Keterlibatan Masyarakat	0,629				
Pengawasan TPA yang Terencana	0,467				
	0,451				
Faktor 2					
Sumber Daya Manusia		0,823			
Harga Bahan Bangunan		0,754			
Teknologi		0,718			
Karakteristik Proyek Konstruksi		0,671			
Faktor 3					
Akses Ke Lahan Pembuangan Ilegal			0,820		
Perencanaan Tata Kota			0,788		
Ketersediaan Infrastruktur			0,539		
Volume Limbah Konstruksi			0,483		
Faktor 4					
Kesadaran Pemangku Kepentingan				0,807	
Pertukaran Informasi				0,682	
Pendanaan Proyek				0,544	
Faktor 5					
Biaya Untuk Pengolahan Limbah Konstruksi					0,661
Konflik Regional					0,568

Insentif sendiri bisa berupa penghargaan yang diberikan kepada penyedia jasa atas prestasinya antara lain, kemampuan menyelesaikan pekerjaan lebih awal dari pada yang diperjanjikan dengan tetap menjaga mutu sesuai dengan yang dipersyaratkan.

2. Faktor 2 adalah teknikal

Faktor 2 adalah faktor teknikal, faktor teknikal terdiri dari 4 variabel yaitu kurangnya jumlah Sumber Daya Manusia (SDM) yang memiliki keahlian teknis dalam pengelolaan limbah konstruksi; harga bahan bangunan yang rendah mendorong pengguna untuk membeli bahan baru; kurangnya teknologi canggih yang digunakan untuk pengolahan limbah konstruksi; kurangnya data karakteristik proyek.

Variabel dengan *loading factor* tertinggi dari faktor teknikal adalah kurangnya jumlah SDM yang memiliki keahlian teknis dalam pengelolaan limbah konstruksi sebesar 0,823. Penelitian terdahulu mengemukakan bahwa faktor teknikal memiliki beberapa elemen kunci, seperti sumber daya manusia [5]. Dalam sebagian proyek konstruksi di Indonesia terdapat SDM khusus untuk pengolahan limbah konstruksi tergantung dengan jenis proyeknya. Sumber daya manusia dengan keahlian yang terlibat dalam pekerjaan pengolahan limbah konstruksi merupakan hal penting, karena menghubungkan semua kegiatan proyek untuk mencapai tujuan keberlanjutan [3].

3. Faktor 3 adalah manajemen lingkungan

Faktor 3 adalah manajemen lingkungan, faktor manajemen lingkungan ini terdiri dari 4 variabel yaitu ke-lingkupan dan ketersediaan area pembuangan ilegal mendorong pembuangan secara bebas; proses perencanaan kota yang kurang cermat menyebabkan seringnya terjadi pembongkaran; kurangnya infrastruktur yang tepat atau lengkap untuk pengelolaan limbah konstruksi; jumlah volume limbah konstruksi melimpah yang dihasilkan aktivitas proyek konstruksi.

Variabel dengan *loading factor* tertinggi dari faktor manajemen lingkungan adalah kelimpahan dan ketersediaan area pembuangan ilegal mendorong pembuangan secara bebas sebesar 0,820. Dalam penelitian terdahulu dijelaskan bahwa hal ini merupakan penghambat seperti infrastruktur yang buruk untuk pengelolaan sampah dan pembuangan sampah secara ilegal [19]. Hal ini mengacu pada kurangnya infrastruktur pengelolaan limbah konstruksi yang berkelanjutan, seperti pengumpulan sampah, fasilitas pemilahan, pabrik daur ulang, dan pabrik pengolahan. Dalam penelitian lain menjelaskan bahwa kurangnya fasilitas pengelolaan sampah, atau pusat daur ulang adalah salah satu faktor yang mempengaruhi pengolahan limbah konstruksi

berkelanjutan [19]. Ketersediaan atau ketiadaan fasilitas pengelolaan limbah konstruksi seperti infrastruktur yang tidak memadai dan efisiensi pengumpulan sampah yang rendah dapat mendorong pembuangan sampah secara ilegal [3].

4. Faktor 4 adalah sosial

Faktor 4 adalah faktor sosial, faktor sosial terdiri dari 3 variabel yaitu kurangnya kesadaran pemangku kepentingan yang terlibat dalam industri konstruksi; kurangnya kolaborasi dan pertukaran informasi; kurangnya dana dalam proyek konstruksi untuk menerapkan pengolahan limbah konstruksi. Variabel dengan *loading factor* tertinggi dari faktor sosial adalah kurangnya kesadaran pemangku kepentingan yang terlibat dalam industri konstruksi sebesar 0,807. Dalam penelitian pengolahan limbah konstruksi bergantung pada tingkat kesadaran dan konsepsi para pemangku kepentingan proyek konstruksi [11]. Kesadaran sosial mempengaruhi kinerja keberlanjutan pengelolaan limbah konstruksi [11]. Dalam beberapa proyek konstruksi pelaku industri konstruksi sudah menyadari pentingnya pengolahan limbah konstruksi selaras dengan peraturan yang ada.

5. Faktor 5 adalah kepentingan ekonomi

Faktor 5 adalah kepentingan ekonomi, faktor kepentingan ekonomi terdiri dari 2 variabel biaya yang mahal untuk pembuangan, perawatan dan transportasi limbah konstruksi ke TPA dan adanya konflik antara pemangku kepentingan berdampak pada pengolahan limbah konstruksi. Variabel dengan *loading factor* tertinggi dari faktor kepentingan ekonomi adalah biaya yang mahal untuk pembuangan, perawatan dan transportasi limbah konstruksi ke TPA sebesar 0,661. Dalam penelitian terdahulu faktor yang paling signifikan dalam praktik berkelanjutan adalah ketidakpastian ekonomi yang tinggi; misalnya, proses daur ulang yang mahal dibandingkan dengan nilai produk daur ulang [15].

Hasil pengelompokan faktor pada variabel pendukung terlampir pada **Tabel 9**. Penamaan faktor dari variabel pendukung sebagai berikut.

1. Faktor 1 adalah peraturan pendukung

Faktor 1 adalah peraturan pendukung, faktor peraturan pendukung terdiri dari 4 variabel yaitu mempromosikan desain hijau dengan meminimalisir limbah dalam tahap perancangan bangunan; kebijakan dan peraturan dukungan dari pemerintah; penerapan ESG (*Environment, Social, Governance*) kepada semua pelaku industri konstruksi; tujuan, target, dan visi nasional yang jelas menuju ekonomi sirkular dan keberlanjutan.

Faktor peraturan pendukung adalah faktor yang paling besar pengaruhnya dari 3 faktor yang terbentuk. Faktor ini mampu menjelaskan 48,906 % dari total variasi. Variabel

dengan *loading factor* tertinggi adalah mempromosikan desain hijau dengan meminimalisir limbah dalam tahap perancangan bangunan sebesar 0,830. Penelitian terdahulu mengemukakan bahwa untuk mengimplementasikan praktik pengelolaan CDW yang efektif, industri konstruksi membutuhkan para ahli dalam pengelolaan limbah dan data jumlah limbah untuk mengembangkan keputusan dan rencana yang ramah lingkungan untuk mempromosikan desain hijau [19].

Tabel 9. *Rotated Component Matrix* Variabel Pendukung

Variabel	Komponen		
	1	2	3
Faktor 1			
Prinsip Desain Hijau	0,830		
Kebijakan Pendukung	0,798		
Penerapan ESG	0,777		
Visi Nasional	0,663		
Faktor 2			
Tingkat Kepuasan Publik		0,829	
Integrasi Pengolahan Limbah Konstruksi Berkelanjutan		0,761	
Kualitas Produk Daur Ulang		0,740	
Efisiensi Sistem		0,502	
Faktor 3			
Efisiensi Ekonomi			0,819
Konservasi Sumber Daya			0,782
Kualitas Hidup Masyarakat			0,674
Pendapatan Dari Pengolahan Limbah Konstruksi			0,631

2. Faktor 2 adalah teknikal

Faktor 2 adalah teknikal, faktor teknikal ini terdiri dari 4 variabel yaitu kepuasan masyarakat terhadap perubahan oleh penerapan pemanfaatan limbah konstruksi; integrasi keberlanjutan antar manajemen pengolahan limbah konstruksi dan pembongkaran; kualitas produk daur ulang dengan menerapkan pengolahan limbah konstruksi yang berkelanjutan; efisiensi pengolahan limbah konstruksi dan mengubahnya menjadi produk daur ulang. Variabel dengan *loading factor* tertinggi dari faktor teknikal adalah kepuasan masyarakat terhadap perubahan oleh penerapan pemanfaatan limbah konstruksi sebesar 0,829. Penelitian lain mengemukakan tingkat

kepuasan publik yang merujuk pada perubahan yang ditimbulkan dengan pemanfaatan pengolahan limbah konstruksi [11].

3. Faktor 3 adalah ekonomi

Faktor 3 adalah ekonomi, faktor ekonomi terdiri dari 4 variabel yaitu penghematan anggaran dengan menerapkan pemanfaatan pengolahan limbah konstruksi; dampak penerapan pengolahan limbah konstruksi terhadap keramahan lingkungan; peningkatan kualitas hidup masyarakat dengan pemanfaatan limbah konstruksi; pendapatan dari penjualan produk daur ulang limbah konstruksi. Variabel dengan *loading factor* tertinggi dari faktor ekonomi yaitu penghematan anggaran dengan menerapkan pemanfaatan pengolahan limbah konstruksi sebesar 0,819. Hal ini mengacu pada tingkat penghematan anggaran dengan menerapkan skema pemanfaatan CDW tertentu ketika biaya pemilahan, pembersihan, pengangkutan, penghancuran, dan produksi produk daur ulang dipertimbangkan [19].

4. Simpulan

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa dari 19 variabel penghambat pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan dikelompokkan dalam 5 faktor utama yaitu faktor peraturan pemerintah; faktor teknikal; faktor manajemen lingkungan; faktor sosial dan faktor kepentingan ekonomi. Dari kelima faktor tersebut, faktor penghambat yang memiliki persentase tertinggi dalam pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan adalah faktor pemerintah. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa dari 12 variabel pendukung pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan dikelompokkan dalam 3 faktor utama yaitu faktor peraturan pendukung; faktor teknikal dan faktor ekonomi. Dari ketiga faktor tersebut, faktor pendukung yang memiliki persentase tertinggi dalam pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan adalah faktor peraturan pendukung.

Dari hasil analisis faktor penghambat dan pendukung, faktor yang paling mempengaruhi penerapan pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan adalah faktor peraturan pemerintah dan peraturan pendukung. Diperlukan kerangka kerja yang tepat dan melakukan sosialisasi kebijakan tentang pengolahan limbah konstruksi berkelanjutan seperti alokasi pendanaan dalam proyek konstruksi, kualifikasi SDM serta insentif kepada semua pelaku industri konstruksi baik itu kalangan kontraktor BUMN, swasta dan konsultan. Tidak hanya itu, diperlukan juga pengawasan terhadap jalannya peraturan pengolahan limbah konstruksi dengan ketat dari tahap perencanaan hingga pasca-konstruksi, karena hal ini akan berpengaruh kepada aspek keberlanjutan yang lain.

Daftar Pustaka

- [1] N. Han, H. Tomonori, I. Rieko, K. Masato, and Y. Ken, "A review of construction and demolition waste management in Southeast Asia," *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, vol. 22, no. 2, pp. 315–325, 2020, doi: 10.1007/s10163-019-00914-5.
- [2] A. Akhtar and A. K. Sarmah, "Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective," *J. Clean. Prod.*, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.03.085.
- [3] H. Wu, J. Zuo, H. Yuan, G. Zillante, and J. Wang, "Resources , Conservation & Recycling A review of performance assessment methods for construction and demolition waste management," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 150, no. June, p. 104407, 2019, doi: 10.1016/j.resconrec.2019.104407.
- [4] A. Khoshand and K. Khanlari, "Construction and demolition waste management: Fuzzy Analytic Hierarchy Construction and demolition waste management: Fuzzy Analytic Hierarchy Process approach," no. March, 2020, doi: 10.1177/0734242X20910468.
- [5] F. Zhang, Y. Ju, E. D. R. Santibanez, A. Wang, and P. Dong, "Evaluation of construction and demolition waste utilization schemes under uncertain environment: A fuzzy heterogeneous multi-criteria decision-making approach," *J. Clean. Prod.*, vol. 313, no. June, p. 127907, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2021.127907.
- [6] B. Cheng, J. Huang, Z. Guo, J. Li, and H. Chen, "Towards sustainable construction through better construction and demolition waste management practices : a SWOT analysis of Suzhou , China," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–11, 2022, doi: 10.1080/15623599.2022.2081406.
- [7] H. Fitriani and S. Ajayi, "Analysis of the Underlying Causes of Waste Generation in Indonesia ' s Construction Industry," pp. 1–18, 2025.
- [8] M. R. Esa, A. Halog, and L. Rigamonti, "Strategies for minimizing construction and demolition wastes in Malaysia," *Resources, Conserv. Recycl.*, 2016, doi: 10.1016/j.resconrec.2016.12.014.
- [9] R. Merino, P. I. Gracia, I. Salto, and W. Azevedo, "Waste Management & Research," no. September 2009, 2010, doi: 10.1177/0734242X09103841.
- [10] A. J. Morrissey and J. Browne, "Waste management models and their application to sustainable waste management," vol. 24, pp. 297–308, 2004, doi: 10.1016/j.wasman.2003.09.005.
- [11] A. Mahpour, "Resources , Conservation & Recycling Prioritizing barriers to adopt circular economy in construction and demolition waste management," *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 134, no. December 2017, pp. 216–227, 2018, doi: 10.1016/j.resconrec.2018.01.026.
- [12] N. Han, H. Tomonori, I. Rieko, K. Masato, and Y. Ken, "A review of construction and demolition waste management in Southeast Asia," *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, no. 0123456789, pp. 13–15, 2019, doi: 10.1007/s10163-019-00914-5.
- [13] K. Ghafourian, K. Kabirifar, A. Mahdiyar, M. Yazdani, S. Ismail, and V. W. Y. Tam, "A Synthesis of Express Analytic Hierarchy Process (EAHF) and Partial Least Squares-Structural Equations Modeling (PLS-SEM) for Sustainable Construction and Demolition Waste Management Assessment: The Case of Malaysia," pp. 1–24, 2021.
- [14] H. Al-raqeab, S. H. Ghaffar, M. J. Al-kheetan, and M. Chougan, "Understanding the challenges of construction demolition waste management towards circular construction_ Kuwait Stakeholder's perspective," *Clean. Waste Syst.*, vol. 4, no. December 2022, p. 100075, 2023, doi: 10.1016/j.clwas.2023.100075.
- [15] H. Ghailani *et al.*, "IP pro of Jou rna," *Appl. Soft Comput.*, p. 110606, 2023, doi: 10.1016/j.asoc.2023.110606.
- [16] M. M. M. Teo and M. Loosemore, "A theory of waste behaviour in the construction industry A theory of waste behaviour in the construction industry," no. September 2013, pp. 37–41, 2010, doi: 10.1080/01446190110067037.
- [17] D. Almira, "Bangunan Paket Keahlian Batu Dan Beton Di Jawa Timur," 2015.
- [18] U. A. Umar, N. Shafiq, and F. A. Ahmad, "Civil Engineering A case study on the effective implementation of the reuse and recycling of construction & demolition waste management practices in Malaysia," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 12, no. 1, pp. 283–291, 2021, doi: 10.1016/j.asej.2020.07.005.
- [19] N. I. Blaisi, "Construction and demolition waste management in Saudi Arabia: Current practice and roadmap for sustainable management," *J. Clean. Prod.*, vol. 221, pp. 167–175, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.264.
- [20] Y. Su, J. Chen, H. Si, G. Wu, R. Zhang, and W. Lei,

- “Decision-making interaction among stakeholders regarding construction and demolition waste recycling under different power structures,” *Waste Manag.*, vol. 131, no. June, pp. 491–502, 2021, doi: 10.1016/j.wasman.2021.06.025.
- [21] M. Eghbali-zarch and R. Tavakkoli-moghaddam, “Prioritizing the effective strategies for construction and demolition waste management using fuzzy IDOCRIW and WASPAS methods,” vol. 29, no. 3, pp. 1109–1138, 2022, doi: 10.1108/ECAM-08-2020-0617.
- [22] A. Al-otaibi *et al.*, “Identifying the Barriers to Sustainable Management of Construction and Demolition Waste in Developed and Developing Countries,” pp. 1–17, 2022.
- [23] Y. Ali, Z. Aslam, H. Sajid, and D. Ubaidullah, “A multi - criteria decision analysis of solid waste treatment options in Pakistan : Lahore City — a case in point,” *Environ. Syst. Decis.*, 2018, doi: 10.1007/s10669-018-9672-y.
- [24] P. Rani, A. Raj, R. Krishankumar, and K. S. Ravichandran, “Multi-criteria food waste treatment method selection using single-valued neutrosophic-CRITIC-MULTIMOORA framework,” *Appl. Soft Comput.*, vol. 111, p. 107657, 2021, doi: 10.1016/j.asoc.2021.107657.
- [25] H. Y. Yap and J. D. Nixon, “A multi-criteria analysis of options for energy recovery from municipal solid waste in India and the UK,” *WASTE Manag.*, 2015, doi: 10.1016/j.wasman.2015.08.002.
- [26] C. Estay-ossandon, A. Mena-nieto, and N. Harsch, “Using a fuzzy TOPSIS-based scenario analysis to improve municipal solid waste planning and forecasting : A case study of Canary archipelago (1999 e 2030),” *J. Clean. Prod.*, vol. 176, pp. 1198–1212, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.10.324.
- [27] L. Zhu, J. Dai, G. Bai, and F. Zhang, “Study on thermal properties of recycled aggregate concrete and recycled concrete blocks,” *Constr. Build. Mater.*, vol. 94, pp. 620–628, 2015, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.07.058.
- [28] M. Ma, V. W. Y. Tam, K. N. Le, and W. Li, “Challenges in current construction and demolition waste recycling : A China study,” *Waste Manag.*, vol. 118, pp. 610–625, 2020, doi: 10.1016/j.wasman.2020.09.030.
- [29] G. Borghi, S. Pantini, and L. Rigamonti, “Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy),” *J. Clean. Prod.*, vol. 184, pp. 815–825, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.287.
- [30] H. O. Onubi, N. A. Yusof, and A. S. Hassan, “How environmental performance in fl uence client satisfaction on projects that adopt green construction practices : The role of economic performance and client types,” *J. Clean. Prod.*, vol. 272, p. 122763, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.122763.
- [31] T. Wang, Z. Wu, and C. Luo, “Resources , Conservation & Recycling Multi-participant construction waste demolition and transportation decision-making system,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 170, no. December 2020, p. 105575, 2021, doi: 10.1016/j.resconrec.2021.105575.
- [32] L. Kong and B. Ma, “Environmental Technology & Innovation Evaluation of environmental impact of construction waste disposal based on fuzzy set analysis,” *Environ. Technol. Innov.*, vol. 19, p. 100877, 2020, doi: 10.1016/j.eti.2020.100877.
- [33] S. Iodice, E. Garbarino, M. Cerreta, and D. Tonini, “Sustainability assessment of Construction and Demolition Waste management applied to an Italian case,” *Waste Manag.*, vol. 128, no. 2021, pp. 83–98, 2024, doi: 10.1016/j.wasman.2021.04.031.
- [34] P. Studi, P. Ekonomi, F. Ekonomi, and U. N. Surabaya, “Di Jawa Timur Tony Sugiarto Waspodo Tjjipto Subroto,” vol. 7, no. 1, 2019.
- [35] J. Flannery, S. O. Ajayi, and A. S. Oyegoke, “Alcohol and Substance Misuse in the Construction Industry,” vol. 3548, 2019, doi: 10.1080/10803548.2019.1601376.
- [36] E. Ewan *et al.*, “Review Article Is Adversity Quotient (Aq) Able To Predict The Academic Performance Of Polytechnic Students?,” vol. 7, no. 3, pp. 393–398, 2020.
- [37] A. G. Yong and S. Pearce, “A Beginner ’ s Guide to Factor Analysis : Focusing on Exploratory Factor Analysis,” vol. 9, no. 2, pp. 79–94, 2013.
- [38] T. O. Miranti, S. Nugroho, and E. Sunandi, “Mempengaruhi Minat Konsumen Dalam Berbelanja (Studi Kasus : Bencoolen Mall).”

Halaman ini sengaja dikosongkan