

PARAMETER PENGUKURAN WASTE MATERIAL PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RUMAH SAKIT X DI MALANG

Maria Mei Tri Kristianta¹, Fauziah Shanti Cahyani Sitti Maisarah², Anisah Nur Fajarwati³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil², Dosen Jurusan Teknik Sipil³

Email: mariameitrikristianta13@gmail.com¹, fauziahscsm@polinema.ac.id², anisah_nur_f@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Pelaksanaan proyek konstruksi gedung berpotensi menghasilkan *waste material* yang berdampak pada pembengkakan biaya proyek. Berbagai penelitian terdahulu umumnya hanya berfokus pada identifikasi jenis dan volume *waste material*. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan pendekatan kuantitatif yang lebih komprehensif dengan menganalisis tiga parameter *waste*, yaitu *waste level*, *waste cost*, serta *waste index*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis parameter *waste material* dominan pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang. Penentuan jenis *waste material* yang dominan dianalisis menggunakan metode Pareto's Law 20-80. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besi beton/tulangan BjTS 420B dan beton *ready mix fc' 35 MPa* merupakan *waste material* dominan. *Waste cost* pada material besi beton/tulangan BjTS 420B mencapai Rp276.845.425,23 dengan *waste level* 2,21%, sedangkan *waste cost* pada beton *ready mix fc' 35 MPa* sebesar Rp229.493.260,18 dengan *waste level* 3,78%. Adapun nilai *waste index* pada proyek diketahui sebesar 0,031 m³/m², yang termasuk dalam kategori sangat rendah.

Kata kunci : Proyek Konstruksi, *Waste Cost*, *Waste Index*, *Waste Level*, *Waste Material*

ABSTRACT

The implementation of a building construction project has the potential to generate waste material that impacts project cost overruns. only focused on identifying the types and volumes of waste material. Therefore, this research applies a more comprehensive quantitative approach by analyzing three waste parameters, namely waste level, waste cost, and waste index. This study aims to analyze the dominant waste material parameters in the Construction Project of Hospital Building X in Malang. The determination of the dominant type of waste material was analyzed using the Pareto's Law 20-80 method. The research results show that BjTS 420B rebar and ready-mix concrete fc' 35 MPa are the dominant waste materials. Waste cost for the BjTS 420B rebar material reached IDR 276,845,425.23 with a waste level of 2.21%, while waste cost for the fc' 35 MPa ready-mix concrete, it was IDR 229,493,260.18 with a waste level of 3.78%. The waste index value for the project was recorded at 0.031 m³/m², which falls into the very low category.

Keywords : Project Construction, *Waste Cost*, *Waste Index*, *Waste Level*, *Waste Material*

1. PENDAHULUAN

Sektor konstruksi di Indonesia saat ini menunjukkan pertumbuhan yang signifikan [1]. Perkembangan tersebut menuntut penyediaan infrastruktur dan fasilitas pendukung seperti pembangunan gedung-gedung untuk mendukung aktivitas ekonomi, perdagangan, bisnis, serta pemerintahan. Salah satu fokus utama dari pertumbuhan ini adalah proyek pembangunan gedung rumah sakit [2]. Namun, dalam pelaksanaannya, setiap proyek konstruksi gedung tidak pernah terlepas dari permasalahan *waste material*. Penggunaan berbagai material utama seperti pasir, batako, *ready mix concrete*, besi beton/tulangan, dan material lainnya seringkali menimbulkan *waste* yang apabila tidak dikelola

dengan tepat secara efektif dan efisien, maka akan menyebabkan kerugian finansial proyek [3], [4].

Secara umum, tolak ukur keberhasilan suatu proyek konstruksi umumnya hanya dinilai dari seberapa mampu kontraktor mencapai target biaya, mutu, dan waktu. Namun, seiring dengan berkembangnya industri konstruksi yang mengedepankan konsep ramah lingkungan (*green construction*) dan keberlanjutan (*sustainability*), indikator tersebut telah meluas. Kinerja kontraktor dalam meminimalisasi dan mengelola *waste material* kini menjadi salah satu aspek penting dalam menentukan tingkat efektif dan efisiensi suatu proyek [5].

Kajian literatur pada penelitian-penelitian terdahulu umumnya masih berfokus pada identifikasi jenis dan volume *waste material*. Rata-rata *waste material* besi pada proyek konstruksi mencapai sekitar 6,3%, dengan variasi antara 5,0% hingga 7,0% pada beberapa elemen struktur [6]. Sementara itu, penelitian lain pada *proyek low rise building* di Jakarta menunjukkan bahwa sisa material terbesar terjadi pada pekerjaan beton sebesar 7,05% [7]. Sehingga, pada studi ini akan membahas lebih dalam terkait analisis kuantitatif menggunakan parameter pengukuran *waste material*, yaitu *waste level*, *waste cost*, dan *waste index*. Selain itu, analisis metode Pareto's Law 20-80 juga diterapkan guna mengidentifikasi dan menetapkan jenis *waste material* dominan yang menjadi penyumbang utama dalam pembengkakan biaya proyek.

Sebagai objek penelitian, studi kasus pada kajian ini adalah Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang yang memiliki luas 26.403 m². Melalui penerapan parameter pengukuran *waste material* secara mendalam pada proyek ini, diharapkan dapat memberikan evaluasi yang terukur untuk meningkatkan efisiensi penggunaan material serta menekan pembengkakan biaya pada pelaksanaan proyek konstruksi.

2. METODE

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dari data sekunder serta menggunakan jenis material *non-consumable*. Perhitungan dimulai dengan melakukan kuantifikasi volume, biaya, dan persentase *waste material*. Selanjutnya dilakukan analisis Pareto's Law 20-80 untuk menentukan jenis material yang dominan menghasilkan *waste*. Tahap ketiga dilakukan analisis parameter *waste* mendapatkan hasil perhitungan dari *waste level*, *waste cost*, dan *waste index* pada material dominan penyumbang *waste*. Data yang digunakan untuk melakukan analisis pada penelitian ini adalah data volume rencana kebutuhan material (data BoQ) dan data pengadaan material (data logistik).

Tahapan pengolahan data diawali dengan kuantifikasi volume, biaya, dan persentase *waste material* berdasarkan selisih data volume logistik dan volume BoQ, yang dilanjutkan dengan analisis prioritas Pareto Law 20-80 untuk menetapkan material dominan. Material dominan tersebut kemudian dianalisis melalui tiga parameter utama, yaitu *waste level*, *waste cost*, dan *waste index*. Hasil analisis parameter ini menjadi landasan dalam pengumpulan data primer di lapangan yang meliputi observasi pada proyek.

Analisis kuantifikasi volume, biaya, dan persentase *waste material* digunakan untuk dasar dalam menentukan jenis *waste material* yang dominan. Berikut adalah rumus perhitungannya:

$$\text{Volume Waste} = \text{Vol. Logistik} - \text{Vol. BoQ} \quad (1)$$

$$\text{Biaya Waste} = \text{Vol. Waste} \times \text{Harga Material} \quad (2)$$

$$\% \text{ Waste} = \frac{\text{Biaya Waste Material}}{\text{Total Biaya Waste Material}} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

Volume Logistik = Volume material berdasarkan data stok dari bagian logistik.

Volume BoQ = Volume material rencana.

Besarnya volume *waste* suatu proyek dalam persentase, digunakan rumus perhitungan (4) berikut:

$$\text{Waste Level (\%)} = \frac{\text{Volume Waste}}{\text{Volume Logistik}} \times 100 \quad (4)$$

Besarnya kerugian akibat *waste* terhadap nilai kontrak, digunakan rumus perhitungan (5) berikut:

$$\text{Waste Cost} = \text{Waste Level} \times \text{Bobot} \times \text{Nilai Kontrak} \quad (5)$$

Selanjutnya, untuk mengetahui persentase perbandingan antara *waste cost* terhadap nilai kontrak proyek dapat ditentukan melalui perhitungan berikut:

$$\% \text{ Perbandingan} = \frac{\text{Total Waste Cost}}{\text{Nilai Kontrak}} \times 100 \quad (6)$$

Besarnya persentase *waste index* pada proyek yang sedang berjalan, digunakan rumus perhitungan berikut:

$$\text{Waste Index} = \frac{\text{W. Proyek}}{\text{GFA}} \quad (7)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kuantifikasi dan Biaya Waste

Perhitungan kuantifikasi volume, biaya, dan persentase *waste* dilakukan dengan metode pendekatan rumus (1), (2), dan (3). Tujuan analisis ini untuk mengetahui besaran *waste* yang diakibatkan oleh setiap jenis material pekerjaan struktur pada proyek.

Berikut adalah perhitungan volume *waste* pada material besi beton/tulangan BjTS 420B berdasarkan rumus (1):

$$\text{Volume Logistik} = 1.440.537,48 \text{ Kg}$$

$$\text{Volume BoQ} = 1.409.403,90 \text{ Kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Waste} &= 1.440.537,48 \text{ Kg} - 1.409.403,90 \text{ Kg} \\ &= 31.133,58 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan kuantifikasi volume *waste material* pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang dijabarkan pada Tabel 1. di bawah ini:

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kuantifikasi
Volume Waste Material

No.	Material	Volume Waste		
		Logistik	BoQ	Waste
1.	Besi beton/ tulangan BjTS 420B	1.440.537,48	1.409.403,90	31.133,58
2.	Beton ready mix fc' 35 MPa	5.779,00	5.568,40	210,60
3.	Beton ready mix fc' 45 MPa	752,00	656,10	95,90
4.	Beton ready mix fc' 30 MPa	1.089,50	1.047,40	42,10
5.	Beton ready mix fc' 40 MPa	1.114,50	1.086,00	28,50
6.	Pasir Pasang	297,48	279,80	17,68
7.	Batako	32.000,00	30.616,60	1.383,40
8.	Beton ready mix fc' 20 MPa	34,50	31,00	3,50

Berikut adalah perhitungan biaya dan persentase waste pada material besi beton/tulangan BjTS 420B berdasarkan rumus (2) dan (3):

$$\text{Volume Waste} = 1.440.537,48 \text{ Kg} - 1.409.403,90 \text{ Kg} = 31.133,58 \text{ Kg}$$

$$\text{Harga Material} = \text{Rp}8.700,00$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Waste} &= 31.133,58 \text{ Kg} \times \text{Rp}8.700,00 \\ &= \text{Rp}270.862.111,20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Waste} &= \frac{\text{Rp}270.862.111,20}{\text{Rp}728.743.011,20} \times 100 \\ &= 37,17 \% \end{aligned}$$

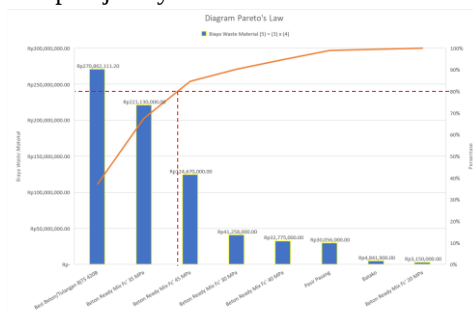
Hasil perhitungan kuantifikasi biaya dan persentase waste material pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang dijabarkan pada Tabel 2. di bawah ini:

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kuantifikasi
Biaya dan Persentase Waste Material

No.	Material	Harga Material	Biaya Waste Material	% Waste
1.	Besi beton/ tulangan BjTS 420B	Rp8.700,00	Rp270.862.111,20	37,17
2.	Beton ready mix fc' 35 MPa	Rp1.050.000,00	Rp221.130.000,00	30,34
3.	Beton ready mix fc' 45 MPa	Rp1.300.000,00	Rp124.670.000,00	17,11
4.	Beton ready mix fc' 30 MPa	Rp980.000,00	Rp41.258.000,00	5,66
5.	Beton ready mix fc' 40 MPa	Rp1.150.000,00	Rp32.775.000,00	4,50
6.	Pasir Pasang	Rp1.700.000,00	Rp30.056.000,00	4,12
7.	Batako	Rp3.500,00	Rp4.841.900,00	0,66
8.	Beton ready mix fc' 20 MPa	Rp900.000,00	Rp3.150.000,00	0,43
Total Biaya Waste			Rp728.743.011,20	

3.2 Analisis jenis waste material dominan

Analisis ini digunakan untuk menentukan jenis waste material dominan dengan metode Pareto's Law 20-80. Terdapat total 8 jenis material dengan potensi menyebabkan waste pada pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang. Di mana hanya 20% dari total material yang dianggap dominan dan memiliki dampak 80% terhadap terjadinya waste.

**Gambar 1.** Diagram Pareto's Law 20-80

Berdasarkan Gambar 1. Analisis diagram Pareto's Law 20-80 dari 8 jenis material yang digunakan pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang didapatkan dua jenis material yang masuk kategori menjadi jenis material penyumbang *waste* dominan, yaitu besi beton/tulangan BjTS 420B dan beton *ready mix* fc' 35 MPa.

3.3 Waste Level

Waste level dihitung untuk mengetahui tingkat persentase *waste material* terhadap total volume material yang digunakan dalam proyek. Berikut adalah perhitungan *waste level* pada material besi beton/tulangan BjTS 420B berdasarkan rumus (4):

$$\text{Waste Level (\%)} = \frac{31.133,58}{1.440.537,48} \times 100$$

$$= 2,21\%$$

Hasil perhitungan *waste level* pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang dijabarkan pada Tabel 3. di bawah ini:

Tabel 3. Hasil Perhitungan *Waste Level*

No.	Material	Volume Material			Waste Level (%)
		Logistik	BoQ	Waste	
1.	Beton <i>ready mix</i> fc' 45 MPa	752,00	656,10	95,90	14,62
2.	Beton <i>ready mix</i> fc' 20 MPa	34,50	31,00	3,50	11,29
3.	Pasir pasang	297,48	279,80	17,68	6,32
4.	Batako	32.000,00	30.616,60	1.383,40	4,52
5.	Beton <i>ready mix</i> fc' 30 MPa	1.089,50	1.047,40	42,10	4,02
6.	Beton <i>ready mix</i> fc' 35 MPa	5.779,00	5.568,40	210,60	3,78
7.	Beton <i>ready mix</i> fc' 40 MPa	1.114,50	1.086,00	28,50	2,62
8.	Besi beton/tulangan BjTS 420B	1.440.537,48	1.409.403,90	31.133,58	2,21

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui bahwa pengendalian material struktur utama menunjukkan tingkat efisiensi yang sangat baik. Hal ini dibuktikan pada material beton *ready mix* fc' 35 MPa yang persentase pemborosannya mampu ditekan hingga 3,78%. Selanjutnya, tingkat efisiensi tertinggi adalah besi beton/tulangan BjTS 420B dengan nilai *waste level* sebesar 2,21%.

3.4 Waste Cost

Waste cost dihitung untuk mengetahui kerugian biaya terhadap nilai kontrak yang timbul akibat adanya *waste material*. Perhitungan *waste cost* pada material besi beton/tulangan BjTS 420B berdasarkan rumus (5):

$$\begin{aligned} \text{Nilai Kontrak Aktual} &= \text{Rp}100.000.000.000,00 \\ \text{Nilai Kontrak 6 Lantai} &= \frac{\text{Rp}100.000.000.000,00 \times 6}{10} \\ &= \text{Rp}60.000.000.000,00 \\ \text{Volume Material Logistik} &= 1.440.537,48 \text{ Kg} \\ \text{Harga Material} &= \text{Rp}8.700,00/\text{Kg} \\ \text{Jumlah Harga} &= 1.440.537,48 \times \text{Rp}8.700,00 \\ &= \text{Rp}12.532.676.041,20 \\ \text{Bobot Pekerjaan} &= \frac{\text{Rp}12.532.676.041,20}{\text{Rp}60.000.000.000,00} \\ &= 0,209 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waste Cost} &= \text{Waste Level (\%)} \times \text{Bobot Pek.} \times \text{Nilai Kontrak} \\ &= 2,21\% \times 0,209 \times \text{Rp}60.000.000.000,00 \\ &= \text{Rp}276.845.425,23 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan *waste cost* pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang dijabarkan pada Tabel 4. di bawah ini:

Tabel 4. Hasil Perhitungan *Waste Cost*

No.	Material	Waste Level (%)	Nilai Kontrak (Milyar)	Bobot (%)	Waste Cost (Juta)
1.	Besi beton/tulangan BjTS 420B	14,62	Rp60,00	0,209	Rp276,845
2.	Beton <i>ready mix</i> fc' 35 MPa	11,29	Rp60,00	0,101	Rp229,493
3.	Beton <i>ready mix</i> fc' 45 MPa	6,32	Rp60,00	0,016	Rp142,892
4.	Beton <i>ready mix</i> fc' 30 MPa	4,52	Rp60,00	0,018	Rp42,916

No.	Material	Waste Level (%)	Nilai Kontrak (Milyar)	Bobot (%)	Waste Cost (Juta)
5.	Beton ready mix fc' 40 MPa	4,02	Rp60,00	0,021	Rp33,635
6.	Pasir pasang	3,78	Rp60,00	0,008	Rp31,955
7.	Batako	2,62	Rp60,00	0,002	Rp5,060
8.	Beton ready mix fc' 20 MPa	2,21	Rp60,00	0,001	Rp3,505

Berdasarkan Tabel 3. dapat diketahui bahwa material dengan rendahnya persentase *waste level* tidak selalu berbanding lurus dengan minimnya kerugian finansial jika material tersebut memiliki bobot pekerjaan yang tinggi. Sehingga meskipun material besi beton/tulangan BjTS 420B dan beton ready mix fc' 35 MPa menunjukkan nilai *waste level* paling efisien secara persentase, namun keduanya menjadi penyumbang kerugian biaya proyek tertinggi dengan nilai *waste cost* pada material besi beton/tulangan BjTS 420B sebesar Rp276.845.425,23 dan material beton ready mix fc' 35 MPa sebesar Rp229.493.260,18.

Selanjutnya, untuk mengetahui persentase perbandingan *waste cost* terhadap total nilai kontrak 6 lantai dapat dilakukan dengan pendekatan rumus (6), yaitu sebagai berikut:

$$\% \text{ Perbandingan} = \frac{766.304.269,32}{60.000.000.000,00} \times 100 = 1,277\%$$

Berdasarkan perhitungan di atas, didapatkan hasil perbandingan *waste cost* terhadap nilai kontrak untuk 6 lantai pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang sebesar 1,277%.

3.5 Waste Index

Waste index dihitung untuk menunjukkan intensitas *waste material* terbuang sia-sia, tidak layak digunakan kembali, dan tidak memiliki nilai jual yang dihasilkan per satu meter persegi luas bangunan. Parameter ini sangat berguna untuk membandingkan performa efisiensi antar proyek gedung dengan ukuran luas yang berbeda. Menghitung total *waste* dilakukan dengan mencatat jumlah frekuensi (ritase) truk yang mengangkut sisa (*waste*) material keluar dari area proyek. Berikut perhitungan *waste index* pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang berdasarkan rumus (7):

$$\begin{aligned} \text{Jenis Alat Pengangkut} &= \text{Truk kapasitas } 5 \text{ m}^3 \\ \text{Jumlah Alat Pengangkut} &= 2 \text{ buah} \\ \text{Intensitas Kedatangan} &= 2 \text{ kali dalam seminggu} \\ \text{Jumlah Minggu Pekerjaan} &= 7 \text{ bulan} \times 4 \text{ minggu} \\ &= 28 \text{ minggu} \\ \text{Luas Area} &= 18.322,646 \text{ m}^2 \\ \text{Waste Index} &= \frac{5 \times 2 \times 2 \times 28}{18.322,646} \\ &= \frac{560}{18.322,646} \\ &= 0,031 \text{ m}^3/\text{m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *waste index* menunjukkan angka sebesar 0,031 m³/m². Untuk mengetahui apakah nilai *waste index* yang terbentuk termasuk kategori tinggi atau rendah dapat dibandingkan dengan *waste index* dari penelitian sebelumnya. *Waste index* yang terbentuk pada proyek pembangunan Dishub Kabupaten Karanganyar adalah 0,169 m³/m² dengan luas area proyek sebesar 634 m² Munawar et al. (2025) sedangkan pada proyek Apartemen The Newton 2 yaitu 0,209 m³/m² dengan luas area proyek sebesar 49.076 m² [9].

Dengan demikian, berdasarkan hasil perhitungan dan perbandingan dengan penelitian terdahulu, nilai *waste index* pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang sebesar 0,031 m³ dengan luas area proyek 18.322,646 m² dikategorikan sangat rendah. Hal ini menunjukkan efisiensi material yang jauh lebih baik dibandingkan dengan kedua proyek referensi lainnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis dengan metode Pareto's Law 20-80 didapatkan dua material dominan, yaitu besi beton/tulangan BjTS 420B dengan volume *waste* 31.133,58 Kg dan beton ready mix fc'35 MPa dengan volume *waste* 210,60 m³. *Waste level* pada material besi beton/tulangan BjTS 420B didapatkan 2,21% dan *waste cost* sebesar Rp276.845.425,23. Sedangkan pada material beton ready mix fc' 35 Mpa didapatkan *waste level* 3,78% serta *waste cost* sebesar Rp229.493.260,18.
2. Total kerugian dari seluruh *waste material* struktur utama Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang adalah Rp766.304.269,32 serta persentase perbandingan *waste cost* terhadap nilai kontrak yaitu sebesar 1,277%.
3. Nilai *waste index* pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit X di Malang sebesar 0,031% m³/m². Nilai

tersebut dapat diartikan bahwa *waste index* pada proyek sangat rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. U. Latief dan J. Thoengsal, *Pengelolaan Sisa Material pada Proyek Konstruksi*. Makassar: CV. Nas Media Pustaka, 2020.
- [2] P. Putra, "Pengendalian Waktu Pekerjaan Konstruksi Pembangunan RSUD Dr. Sobirin Kabupaten Musi Rawas," *Litera Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 2, no. 1, hlm. 154–168, 2025.
- [3] K. G. N. Sukarta, J. Tjakra, dan P. A. K. Pratasis, "Peran Konsultan Manajemen Konstruksi dalam Proyek Pembangunan Gedung (Studi Kasus: Gedung Serbaguna Universitas Tadulako, Palu – Sulawesi Tengah)," *TEKNO*, vol. 19, no. 79, hlm. 307–313, 2021.
- [4] K. Devi, "Analisis dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gedung Kuliah 4 Lantai Universitas Muhammadiyah Riau," Tugas Akhir, Prodi Teknik Sipil, Universitas Islam Riau, Pekanbaru, 2021.
- [5] M. Syarif dkk., *Material Konstruksi*. Makassar: CV. Tohar Media, 2024.
- [6] N. K. S. E. Yuni, N. P. I. Yuliana, dan I. K. Sudiarta, "Analisa Waste Material Besi dalam Upaya Pengendalian Sisa Material Konstruksi," *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, vol. 5, no. 1, hlm. 22–29, 2023.
- [7] K. Liman dan H. Sulistio, "Waste Material Beton pada Proyek Konstruksi di Jakarta," *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, vol. 3, no. 1, hlm. 183–190, 2020.
- [8] A. H. A. Munawar, T. I. K. Amar, R. Rizana, dan S. Maghfuri, "Analisis Waste Material pada Proyek Pembangunan Gedung Dishub Kabupaten Karanganyar," dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2025*, Kabupaten Karanganyar: Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2025, hlm. 67–75.
- [9] S. S. Yudha, Moch. Khamim, dan A. Suryadi, "Analisis Sisa Material pada Proyek Pembangunan Gedung Apartemen the Newton 2," *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi Polinema*, vol. 4, no. 3, hlm. 319–326, 2023.