

ANALISIS LIMBAH MATERIAL KONSTRUKSI ARSITEKTURAL PROYEK PEMBANGUNAN PLTU SULAWESI SELATAN BARRU-2, 1x100 MW

ARSYAD^{1*}, SITTI ZAENAB DJURDAN¹, MOCH. ARIS ARIFIN¹,
JAMALUDDIN¹, HAMZAH¹,RENO¹,ISMAIL YUNUS¹

1. Jurusan Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Jl. Pole Baramuli, Poros
Pinrang-Polman, Kabupaten Pinrang, Sulawesi Selatan.

*Email : achayunus@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian bertujuan untuk mengetahui gambaran limbah material konstruksi proyek pembangunan PLTU Barru 2 – 1 x 100 MW, Dusun Bawasolo Desa Lampoko Kecamatan Balusu Kabupaten Barru Sulawesi Selatan. Metode penelitian menggunakan dokumentasi literatur dan dokumen proyek, observasi lapangan serta wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis sisa material terdiri dari semen PC, pasir pasang, bata ringan, ubin warna, semen warna, dan mortar siap pakai. Persentase dari setiap material adalah semen PC 2,2 %, bata ringan 17,8 %, pasir pasang 48,6 %, ubin warna 9,6 %, semen warna 21,3 %, mortar siap pakai 0,9 %. Biaya sisa material tiap jenis material adalah semen PC Rp.15.390,72, bata ringan Rp. 109.000,00, pasir pasang Rp308.761,2, ubin warna Rp60.811,20, semen warna Rp135.000, dan mortar siap pakai Rp5,98.4. Faktor utama penyebab timbulnya sisa material yaitu kurangnya keterampilan pekerja dalam melakukan estimasi penggunaan material yang melebihi volume material yang direncanakan serta kelalaian pada saat proses pengerjaan.

Kata kunci: limbah konstruksi, sisa material, persentase sisa material, material konstruksi .

ABSTRACT

The research aims to determine the description of construction material waste for the Barru 2 - 1 x 100 MW Steam Power Plant (PLTU) construction project, Bawasolo, Lampoko Village, Balusu District, Barru Regency, South Sulawesi. The research method uses literature documentation and project documents, field observations and interviews. The research results showed that the remaining types of materials consisted of PC cement, set sand, light bricks, colored tiles, colored cement, and ready-to-use mortar. The percentage of each material is PC cement 2.24%, light brick 17.17%, set sand 48.63%, colored tiles 9.58%, colored cement 21.26%, ready-to-use mortar 0.94%. The remaining material costs for each type of material are PC cement Rp. 15,390.72, light brick Rp. 109,000.00, tide sand Rp. 308,761.20, color tiles Rp. 60,811.20, color cement Rp. 135,000.00, and ready-to-use mortar Rp. 5,983.38. The main factors causing material waste are the lack of workers' skills in estimating material usage that exceeds the planned material volume and negligence during the work process.

Keywords: construction waste, material waste, percentage of material waste, construction materials.

1. PENDAHULUAN

Timbulan limbah konstruksi merupakan salah satu dampak negatif proyek, yang mengganggu kinerja proyek dan menyebabkan pencemaran lingkungan, di mana pelaksanaan konstruksi dan pembongkaran menyumbang sebagian besar dari total limbah padat yang dibuang ke lingkungan (Caro, dkk. 2024; Martin, dkk. 2024; Ray, dkk. 2024; Meng, dkk. 2018). Menurut World Bank (2018) menyebutkan bahwa, laju timbulan sampah global saat ini diperkirakan akan meningkat sebesar 70% pada tahun 2050. Industri konstruksi bertanggung jawab atas sejumlah besar total limbah yang dihasilkan secara global sekitar 13%–30% sampah berada di tempat pembuangan sampah (Papi, dkk. 2024; Osmani, dan Saez, 2019; Thongkamsuk, dkk. 2017).

Industri konstruksi merupakan penghasil utama limbah dan bahan-bahan lain yang tidak dapat digunakan kembali dan terbuang ke lingkungan sebagai limbah padat (Aleksanin, 2019; Sapuay, 2016). Dengan demikian peningkatan penggunaan bahan bangunan, optimalisasi dan perkembangan proses teknologi konstruksi membutuhkan pengembangan dan penelitian berkelanjutan guna meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah konstruksi, yang memberikan manfaat ekonomi serta lingkungan (Caro, dkk. 2024; Ismaeel and Kassim. 2023; Akhtar and Sarmah 2018; Borghi, dkk. 2018). Pertumbuhan dan pembangunan sektor industri konstruksi memerlukan keseimbangan perlindungan dan manajemen limbah padat konstruksi (Prema, 2021).

Minimalisasi limbah material konstruksi dapat dilakukan dengan pencegahan yang meliputi optimalisasi penggunaan material, efektifitas dan efisiensi metode konstruksi, estimasi dan pemesanan material yang akurat (Martin, dkk. 2024; Putra, dkk. 2018). Pengelolaan limbah konstruksi adalah tugas berskala besar dan kompleks, solusinya sangat dipengaruhi dan tergantung pada koherensi dan efektivitas interaksi pemerintah, perusahaan konstruksi maupun perusahaan pengolahan limbah konstruksi (Aleksanin, 2019; Borghi, dkk. 2028). Faktor yang berkontribusi terhadap penyebab limbah konstruksi yang paling dominan adalah, kurangnya keterampilan dan pengetahuan pekerja, penanganan material yang buruk, kualitas material rendah, dan pekerjaan tidak tepat metode (Widhiawati, dkk. 2019).

Limbah yang dihasilkan oleh industri konstruksi sebagian besar terdiri dari limbah inert dan *non-biodegradable* seperti beton, plester, kayu, logam, pecahan ubin, batu bata, pasangan bata dan lain-lain, yang memiliki kepadatan yang tinggi, seringkali menempati ruang penyimpanan yang cukup besar pinggir jalan atau tempat sampah komunal (Hansen, 2024; Singh, dkk. (2018). Limbah konstruksi semakin menimbulkan kekhawatiran karena dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat (Doan, dkk. 2023; Mah, dkk 2018). Dampak-dampak ini terutama adalah terkait dengan komposisi sampah, yang mungkin terdiri dari bahan-bahan berbahaya yang dibuang ke tempat pembuangan sampah, sehingga menyebabkan pencemaran tanah, pencemaran sumber daya air tanah, dan peningkatan emisi karbon (Turkyilmaz, dkk. 2019; Akhtar and Sarmah, 2018). Pengelolaan limbah konstruksi dapat memberikan manfaat, seperti meningkatkan efisiensi sumber daya, penurunan total emisi gas rumah kaca, dan penghematan ruang TPA (Ding, dkk. 2018)

Pembangunan PLTU Sulsel Barru 2 (1x100MW) ini dikerjakan oleh konsorsium Wijaya Karya (Persero) Tbk dengan Mitsubishi Corporation. Sementara PT. Prima Layanan Nasional Enjiniring sebagai pengawas design review dan konstruksi serta untuk pemenuhan jaminan kualitas dan pengawasan kualitas proyek konstruksi dilakukan oleh PLN Pusmanpro. Proyek

pembangunan PLTU Barru 2 dengan kapasitas 1 x 100 MW pelaksanaannya direncanakan berlangsung selama 36 bulan dengan masa garansi 13 bulan, dengan nilai kontrak sebesar Rp. 4 triliun. PLTU Barru 2 bertujuan untuk menambah pasokan listrik di Pulau Sulawesi dengan sinkronisasi sistem kelistrikan Sulawesi bagian selatan. Salah satu bagian penting dari proyek pembangunan PLTU Barru 2 secara keseluruhan adalah konstruksi komponen arsitektural sebagai bagian penunjang operasional PLTU Barru 2 dengan anggaran sebesar Rp. 1 miliar. Sebagaimana yang menjadi pemahaman umum, bahwa proyek konstruksi arsitektural merupakan salah satu menyumbang limbah material konstruksi. padat (Hansen, 2024; Aleksanin, 2019; Sardar, dkk; Sapuay, 2016). Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran limbah material konstruksi arsitektural proyek PLTU Barru -2 Sulawesi Selatan.

2. METODE

Penelitian dilakukan di PLTU Sulawesi Selatan Barru 2 berlokasi di Desa Lampoko Kecamatan Balusu Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan, berjarak kurang lebih 105 km arah utara Kota Makassar.

Metode pengumpulan data

Metode pengumpulan data terdiri dari:

- a. Dokumentasi, pengumpulan data yang bersumber dari dokumen-dokumen terkait dengan penelitian.
- b. Observasi lapangan untuk mengamati secara langsung lokasi dan proses yang terjadi pada lokasi.
- c. Wawancara, dilakukan dengan pihak kontraktor, meliputi bagian pelaksana, logistik serta gudang.

Perhitungan material konstruksi

Langkah analisis perhitungan sisa material sebagai berikut :

1. Perhitungan kebutuhan material
Perhitungan jumlah kebutuhan material mengacu pada gambar konstruksi (*asbuilt drawing*), selanjutnya hasil perhitungan dimasukkan ke dalam tabel.
2. Perhitungan pembelian material
Laporan harian proyek menjadi dasar perhitungan jumlah pembelian material per hari beserta stok material. Selanjutnya hasil perhitungan dimasukkan ke dalam tabel
3. Mengitung Sisa Material (*Waste*)
 - a. Jumlah sisa material dihitung dengan persamaan (1) :

$$W = PM - SM - KM \quad (1)$$

Keterangan :

W = Sisa material

PM = Pembelian material

SM = Stok Material

KM = Kebutuhan material

b. Biaya sisa material dihitung dengan persamaan (2) :

$$W_c = W \times M_p \quad (2)$$

Keterangan :

W_c = Biaya Sisa material

W = Sisa material

M_p = harga satuan material

c. Persen biaya sisa material dihitung dengan persamaan (3):

$$W_{c\text{persen}} = \frac{W_c}{W_{ctot}} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

$W_{c\text{persen}}$ = Persentase biaya sisa material

W_c = Biaya sisa material

W_{ctot} = Biaya sisa material total

d. Persen biaya sisa material total terhadap biaya proyek total dihitung dengan persamaan (4):

$$W_{c\text{persentot}} = \frac{W_{ctot}}{P_{ctot}} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

$W_{c\text{persentot}}$ = Persentase biaya sisa material total

W_{ctot} = Biaya sisa material total

P_{ctot} = Biaya proyek total

Selanjutnya seluruh hasil analisis dan perhitungan dimasukkan ke dalam tabel

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Data teknis yang diperlukan antara lain, daftar harga satuan bahan, laporan harian proyek , gambar konstruksi (*Asbuilt drawing*). Harga satuan bahan yang digunakan pada proyek pembangunan PLTU SULAWESI ELATAN BARRU- 2 dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.Harga Satuan

Jenis bahan	Satuan	Harga satuan (Rp)
Semen PC	kg	1.152
Bata ringan tebal 7,5 cm	m ²	10.000
Pasir pasang	m ³	101.700
Ubin warna 40 x 40 cm	bh	9.840
Mortar siap pakai	kg	37.500
Semen warna	kg	2.340

Analisis Kebutuhan Material

Rekapitulasi hasil analisis kebutuhan material dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Kebutuhan Material

Pekerjaan	Semen Pc (kg)	Bata Ringan lebar 7.5 cm (m ²)	Pasir Pasang (m ³)	Ubin Warna (buah)	Semen Warna (kg)	Mortar Siap pakai (kg)
Plesteran	8.679,8		33,4			
Pasangan Keramik	2.587,2		11,9	1.750,3	158,4	
Pasangan Bata Ringan		11.684				657,9
Total	11.267	11.684	45,3	1.750,3	158,4	657,9

Analisis Pembelian Material

Hasil rekapitulasi analisis pembelian material pada Tabel 3.

Tabel 3. Pembelian Material

	Semen Pc (kg)	Bata Ringan lebar 7.5 cm (m ²)	Pasir Pasang (m ³)	Ubin Warna (buah)	Semen Warna (kg)	Mortar Siap pakai (kg)
Jumlah	10.390,4	11695,3	48,3	1.880,5	190	660,5
Stock	110	0	0	124	28	0

Perhitungan Sisa Material

Hasil analisis perhitungan sisa material dapat dilihat dalam tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan Sisa Material

Jenis material	Satuan	Pembelian material	Stok material	Kebutuhan material	Sisa material
a		b	c	d	e=b-c-d
Semen PC	kg	11.390,40	110	11.267	13,4
Bata ringan	m ²	11.695,3	-	11.684	10,9
Pasir pasang	m ³	48,3	-	45,3	3,0
Ubin warna (40 cm x 40 cm)	buah	1.880,5	124	1.750,3	6,2
Semen warna	kg	190	28	158,4	3,6
Mortar siap pakai	kg	660,5	-	657,9	2,6

Hasil analisis biaya sisa material dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Biaya Sisa Material

Material	Satuan	Sisa material	Harga satuan (Rp)	Biaya sisa material (Rp)	Persentase biaya sisa
a		b	c	$d = b \times c$	$e = (d/W_{ctot}) \times 100\%$
Semen PC	kg	13,4	1.152	15.390,7	2,42
Bata ringan	m ²	10,9	10.000	109.000	17,2
Pasir pasang	m ³	3	101.700	308.761,2	48,6
Ubin warna	buah	6,2	9.840	60.811,2	9,6
Semen warna	kg	3,6	37.500	135.000	21,3
Mortar siap pakai	kg	2,6	2.340	5.983	0,9
Total biaya sisa material (W_{ctot})				634.946,5	100
Total Biaya Proyek (Rp)				1.000.000.000	
Persentase Total Biaya Sisa Material Terhadap Total Biaya Proyek				0,06 %	

Pasir pasang merupakan sisa material terbesar yakni 48,63% atau Rp 308.761,2. Dengan demikian persentase total biaya sisa material terhadap total biaya proyek adalah 0,06% atau Rp 634.946,5. Sistem manajemen material terdiri dari pengadaan, penyimpanan, penanganan dan pemakaian material, sangat penting dalam penanggulangan sisa material konstruksi (Martin, dkk. 2024; Ismaeel dan Kassim.2023; Aslam, 2020). Peran kesadaran lingkungan perusahaan, kepemimpinan, lingkungan, korporasi serta tanggung jawab sosial berkontribusi pada manajemen limbah, konstruksi yang efisien (Xu dkk.2020). Tabel 5 dan 6 menunjukkan bahwa penyebab dan sumber timbulan material konstruksi pada proyek konstruksi PLTU Barru-2 Sulawesi Selatan, beberapa diantaranya sangat terkait dengan faktor kepemimpinan dan kesadaran lingkungan perusahaan sebagaimana yang dinyatakan oleh Xu dkk tersebut. Lam dkk (2019) juga menambahkan bahwa tenaga kerja terampil sangat penting dalam penyortiran limbah konstruksi di tempat, sementara desainer dapat meningkatkan kemampuan desain konstruksi. Hal tersebut juga dinyatakan oleh Widhiawati, dkk. (2019) dan Prema (2021) bahwa faktor dominan paling yang berkontribusi terhadap penyebab timbulan limbah material konstruksi adalah, kurangnya keterampilan dan pengetahuan pekerja, penanganan material yang buruk, kualitas material rendah, dan pekerjaan tidak tepat metode. Prema (2021) menyatakan selain mendorong penerapan perlindungan lingkungan, juga perlu lebih menekankan pentingnya penerapan manajemen limbah padat konstruksi pada setiap proyek konstruksi.

Berdasarkan tabel 5 dan 6 dapat dijelaskan bahwa terdapat ketidak telitian dan ketidak terampilan pekerja sehingga menyebabkan timbulan limbah material konstruksi pada pelaksanaan proyek PLTU Barru 2. Misalnya limbah material konstruksi semen warna sebesar 21.26% disebabkan oleh pemakaian yang berlebih oleh tukang atau tenaga kerja. Ketidak efisienan ini sebetulnya dapat dihindari jika pengawas proyek proaktif melakukan tugas pengawasan terhadap tenaga kerja. Faktor pengawasan penting dalam upaya mereduksi timbulan material konstruksi. Terkait hal tersebut, Elshaboury (2022) menyatakan bahwa pengawas proyek pada bagian logistik perlu memeriksa material yang datang guna memastikan kesesuaian antara volume material dengan volume yang direncanakan serta jumlah biaya yang dikeluarkan. Pengadaan material yang melampaui kebutuhan proyek

dapat dihindari dengan menyesuaikan jadwal pengadaan serta perhitungan volume pekerjaan, jumlah dan jenis material yang dibutuhkan (Putra, dkk. 2018; Won dan Cheng, 2017, Xu dkk. 2019). Efisiensi pemakaian material harus diupayakan guna menghindari material berlebihan yang dapat terbuang percuma (Kurniawan, dkk. 2024). Ketidakefisienan pelaksanaan proyek konstruksi, pemborosan (*waste*) dalam penggunaan sumber daya dapat berdampak pada rendahnya pencapaian target pelaksanaan proyek konstruksi (Kabirifar, dkk. 2020).

Timbulan limbah material konstruksi proyek PLTU Barru – 2 sebagian besar merupakan bahan yang sulit terdegradasi secara biologis, yang terbuang ke lingkungan akan menjadi limbah yang dapat mengganggu lingkungan dari segi estetika dan kesehatan. Menurut Jie dan Nan (2020) bahwa limbah material konstruksi merupakan ancaman serius bagi lingkungan dan ekologi. *Waste* merupakan kelebihan jumlah material terpakai yang dapat terbuang menjadi limbah konstruksi, sehingga diperlukan upaya serius menurunkan jumlah *waste* serendah mungkin (Ogunseye, dkk. 2023; Kurniawan, dkk. 2024). Terkait dengan dengan potensi bahaya dan ancaman timbulan limbah material terhadap lingkungan juga dinyatakan oleh Aleksanin (2019) dan Sapuay (2016) bahwa industri konstruksi merupakan penghasil utama limbah dan bahan-bahan lain yang tidak dapat digunakan kembali dan terbuang ke lingkungan sebagai limbah padat. Dengan demikian reduksi timbulan material konstruksi penting untuk dilakukan guna mengurangi tekanan lingkungan dan ancaman kerusakan ekologi. Terdapat beberapa alternatif upaya yang perlu dilakukan dalam mengurangi timbulan limbah konstruksi sebagaimana yang dijelaskan oleh Martin dkk. (2024) dan Putra, dkk. (2018) yang menyatakan bahwa pencegahan yang meliputi optimalisasi penggunaan material, efektifitas dan efisiensi metode konstruksi, estimasi dan pemesanan material yang akurat dapat meminimalisasi potensi timbulan material konstruksi. Jika ditelaah lebih jauh metode yang disampaikan oleh Hector dan Putra tersebut merupakan metode reduksi limbah material konstruksi sejak awal sebelum pelaksanaan pengerjaan konstruksi yang lebih bersifat peringatan dini (*early warning*) dan pencegahan sebelum timbulan material konstruksi tersebut terjadi.

Hasil analisis timbulan limbah material konstruksi pembangunan PLTU Barru-2 Sulawesi Selatan memberi gambaran bagi dunia konstruksi tentang pentingnya mengetahui potensi timbulan material konstruksi pada setiap pelaksanaan proyek. Analisis *waste* material konstruksi sering diabaikan, di mana pelaksana konstruksi menganggap bahwa besarnya timbulan *waste* material merupakan konsekuensi pelaksanaan proyek konstruksi (Akhtar and Sarmah, 2018). Pandangan tersebut merupakan suatu kekeliruan, karena *waste* material konstruksi dapat direduksi jika penyebab dan sumber *waste* material tersebut dapat dipahami. Pemahaman atas penyebab dan sumber *waste* material konstruksi penting guna mengurangi timbulan *waste* material konstruksi serta menekan biaya dalam suatu proyek konstruksi. Hal ini juga dinyatakan oleh beberapa hasil penelitian yang menyatakan bahwa pemahaman atas sumber dan penyebab *waste* material konstruksi diperlukan dalam mengurangi timbulan *waste* material konstruksi, serta dapat menekan biaya (Caro, dkk. 2024; Islam, dkk. 2024; Zhang, dkk. 2022; Prema, 2021; Borghi, dkk. 2018). Olehnya itu pertumbuhan sektor industri konstruksi membutuhkan manajemen limbah padat konstruksi guna membangun keseimbangan antara pertumbuhan industri konstruksi dan perlindungan lingkungan. Keseimbangan antara perlindungan lingkungan dan pertumbuhan konstruksi penting untuk memastikan keberlanjutan lingkungan dan sektor konstruksi (Prema, 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat kerugian keuangan sebesar Rp. 634, 946.50 atau sebesar 0.06 % dari total anggaran proyek. Jika dibandingkan dengan total anggaran

proyek yang sebesar Rp. 1.000.000.000,00 angka kerugian masih tergolong kecil, namun demikian, angka tersebut menunjukkan terjadinya inefisiensi penggunaan anggaran yang dapat mengganggu kinerja proyek. Hal inilah yang dinyatakan oleh beberapa hasil penelitian lain yang menyebutkan bahwa timbulan limbah konstruksi merupakan salah satu dampak negatif proyek, yang tidak bisa diabaikan meskipun dalam jumlah kecil (Akhtar and Sarmah, 2028). Selain itu timbulan limbah konstruksi juga dapat mengganggu kinerja proyek dan menyebabkan pencemaran lingkungan, di mana pelaksanaan konstruksi dan pembongkaran menyumbang sebagian besar dari total limbah padat yang dibuang ke lingkungan (Caro, dkk. 2024; Martin, dkk. 2024; Paz, dkk. 2023). Hasil analisis tentang faktor penyebab timbulnya sisa material (*waste*) dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6 Faktor Penyebab Sisa Material *waste*

No	Material	Faktor penyebab <i>Waste</i>
1	Semen PC	Ceceran semen bercampur tanah Sisa plesteran
2	Pasir pasang	Tercampur tanah Hanyut terbawa air hujan
3	Bata ringan	Rusak dalam proses pengangkutan Pecahan batu terjatuh/tercecer
4	Ubin warna	Pemotongan kurang optimal
5	Semen warna	Pemakaian berlebihan oleh tukang
6	Mortar siap pakai	Pemakaian berlebihan oleh tukang

Hasil penelitian menggambarkan bahwa persentase terbesar sisa material adalah pasir pasang sebesar 48,63 %. Sisa material pasang terbuang sebagai limbah disebabkan penanganan material yang tidak tepat sehingga material pasir pasang hilang terbawa air pada saat terjadi hujan. Selain itu material pasir juga tercampur dengan tanah sehingga mengurangi kualitas pasir pasang. Faktor ketidak ketelitian dalam memperhitungkan kebutuhan material, manajemen penggunaannya berperan serta keterampilan tenaga kerja merupakan faktor utama yang menyebabkan timbulan limbah material konstruksi. Sebagaimana yang jelaskan oleh Paz, dkk (2023), Prema, (2021) dan Lam, dkk (2019) menyatakan bahwa manajemen material, ketelitian dalam memperhitungkan kebutuhan penggunaan material, kemampuan desainer merancang proyek konstruksi dan keterampilan tenaga kerja sangat penting dalam mereduksi limbah konstruksi.

Penelitian telah menemukan beberapa faktor sebagaimana yang tertera dalam tabel 6, yang menyebabkan timbulan material konstruksi pada pelaksanaan proyek PLTU Barru-2 Sulawesi Selatan. Hasil penelitian memberikan gambaran tentang timbulan limbah material konstruksi sehingga dapat menjadi bahan rujukan dalam upaya reduksi limbah konstruksi. Beberapa faktor diantaranya adalah faktor akurasi dalam melakukan perhitungan kebutuhan. Ketelitian perhitungan ini penting guna mengurangi potensi timbulan limbah material konstruksi. Paz, dkk, (2023) menjelaskan bahwa faktor ketelitian perhitungan kebutuhan material adalah faktor utama dalam manajemen konstruksi guna mendapatkan kesesuaian antara kebutuhan proyek dengan pengadaan material di lokasi proyek. Selain itu pentingnya penelitian dalam melakukan analisis terhadap timbulan material konstruksi merupakan hal penting untuk dilakukan dan digiatkan. Hal tersebut dapat memberikan manfaat lingkungan dan ekonomi serta meningkatkan kinerja lingkungan. Penelitian yang berkelanjutan dalam bidang material konstruksi merupakan upaya serius dalam memberikan solusi dan penanganan limbah material konstruksi. Hal ini dinyatakan oleh beberapa peneliti, bahwa dengan peningkatan penggunaan bahan bangunan, optimalisasi dan perkembangan proses teknologi konstruksi

membutuhkan pengembangan dan penelitian berkelanjutan guna meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah konstruksi, yang memberikan manfaat ekonomi serta lingkungan (Caro, dkk. 2024; Ismaeel dan Kassim. 2023; Zhang, dkk. 2022; Akhtar dan Sarmah. 2018; Borghi, dkk. 2018).

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa limbah material konstruksi proyek PLTU Barru-2 Sulawesi Selatan sebagian besar (tabel 5 dan 6) merupakan material yang tidak dapat atau sulit terdegradasi secara alami (*non-biodegradable*) sehingga sangat membahayakan lingkungan. Timbulan limbah material konstruksi yang tidak terdegradasi secara biologis yang dapat merusak lingkungan. Menurut Hansen (2024) dan Kabirifar, dkk. (2020) yang menyatakan bahwa terdapat keterkaitan antara kerusakan lingkungan dengan peningkatan aktifitas proyek konstruksi yang menghasilkan material yang sulit terdegradasi secara alami. Hal ini juga sejalan dengan apa yang dinyatakan oleh Aslam, dkk. (2020) bahwa limbah yang dihasilkan oleh industri konstruksi sebagian besar terdiri dari limbah inert dan *non-biodegradable* seperti beton, plester, kayu, logam, pecahan ubin, batu bata, pasangan bata dan lain-lain, yang memiliki kepadatan yang tinggi, seringkali menempati ruang penyimpanan yang cukup besar pinggir jalan atau tempat sampah komunal. Limbah seperti ini dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Doan, dkk. (2023) menyatakan bahwa limbah konstruksi semakin menimbulkan kekhawatiran karena dampak negatifnya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat. Mah, dkk (2018) menyebutkan bahwa limbah material konstruksi cenderung mengalami peningkatan dan mengkhawatirkan dari segi kerusakan lingkungan dan resiko kesehatan. Jie dan Nan (2020) bahwa limbah material konstruksi merupakan ancaman serius bagi lingkungan dan ekologi. Material yang tidak terdegradasi secara biologis tersebut dapat mencemari tanah, sumber air tanah perairan serta meningkatkan emisi karbon (Turkyilmaz, dkk. 2019; Akhtar dan Sarmah, 2018). Dengan demikian timbulan limbah material konstruksi menjadi ancaman serius bagi lingkungan dan kesehatan masyarakat.

Hasil penelitian menunjukan bahwa terdapat potensi kerugian akibat timbulan limbah material konstruksi pada pembangunan PLTU Barru-2 Sulawesi Selatan. Potensi kerugian dan bahaya timbulan limbah material konstruksi terhadap lingkungan membutuhkan kerja sama berbagai pihak. Jika selama ini timbulan limbah material konstruksi masih dipahami sebagai konsekuensi logis dari pelaksanaan proyek konstruksi, maka pemahaman tersebut perlu diluruskan dan dikoreksi. Timbulan limbah material konstruksi merupakan akibat dari buruknya manajemen konstruksi, desain, dan manajemen logistik. Olehnya itu dibutuhkan kerjasama berbagai pihak guna mereduksi timbulan limbah material konstruksi. Kompleksitas permasalahan dalam pengelolaan timbulan limbah material konstruksi membutuhkan sinergitas dan kerjasama. Kerjasama ini penting dalam pengelolaan limbah material konstruksi. Pengelolaan limbah konstruksi adalah tugas berskala besar dan kompleks, solusinya sangat dipengaruhi dan tergantung pada koherensi dan efektivitas interaksi pemerintah, perusahaan konstruksi maupun perusahaan pengolahan limbah konstruksi (Aleksanin, 2019; Borghi, dkk. 2018). Dengan demikian apa yang dinyatakan oleh Ding, dkk. (2018) bahwa pengelolaan limbah konstruksi dapat memberikan manfaat, seperti meningkatkan efisiensi sumber daya, penurunan total emisi gas rumah kaca, dan penghematan ruang TPA dapat tercapai. Kompleksitas pengelolaan timbulan material konstruksi membutuhkan manajemen limbah konstruksi guna memastikan pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan. Prema (2021), menyatakan bahwa penerapan manajemen limbah padat konstruksi dimaksudkan untuk memastikan keseimbangan antara perlindungan lingkungan dan pertumbuhan sektor konstruksi.

4. KESIMPULAN

Jenis sisa material terdiri dari semen PC, pasir pasang, bata ringan, ubin warna, semen warna, dan mortar siap pakai. Persentase dari setiap material adalah semen PC 2,24 %, bata ringan 17,17 %, pasir pasang 48,63 %, ubin warna 9,58 %, semen warna 21,3 %, mortar siap pakai 0,9 %. Biaya sisa material tiap jenis material adalah semen PC Rp15.390,7, bata ringan Rp109.000, pasir pasang Rp308.761,2, ubin warna Rp60.811,2, semen warna Rp135.000, dan mortar siap pakai Rp5.983,4. Faktor utama penyebab timbulnya sisa material konstruksi yaitu kurangnya keterampilan pekerja dalam melakukan estimasi penggunaan material yang melebihi volume material yang direncanakan serta kelalaian pada saat proses pengerjaan.

PERSANTUNAN

Terima kasih kepada manager proyek pembangunan PLTU Sulawesi Selatan Barru 2 – 1 x 100 MW, Bawasolo Desa Lampoko Kecamatan Balusu Kabupaten Barru Sulawesi Selatan atas dukungan dan kerjasamanya. Terima kasih kepada Pimpinan Sekolah Tinggi Teknik Baramuli, Yayasan Baramuli atas dorongan dan kerjasamanya, serta kepada semua pihak yang turut andil dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhtar. A, & Sarmah. A.K, (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycle aggregate concrete: A global perspective *Journal of Cleaner Production*, Volume 186, 2018, Pages 262-281, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261830742X>)
- Aleksanin. A, (2019). Development of construction waste management, *E3S Web of Conferences* 97, 06040. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199706040>
- Aslam. M.S, Beijia Huang, & Lifeng Cui, (2020) Review of construction and demolition waste management in China and USA, *Journal of Environmental Management*, Volume 264, 2020, 110445, ISSN 0301-4797, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110445>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720303790>)
- Borghini. G, Pantini. S, & Lucia Rigamonti. L., (2018). Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy), *Journal of Cleaner Production*, Volume 184, 2018, Pages 815-825, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.287>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618306255>).
- Caro. D, Lodato. C, Damgaard. A, Cristóbal. J, Foster. G, Flachenecker. & F, Tonini, (2024). Environmental and socio-economic effects of construction and demolition waste recycling in the European Union, *Science of The Total Environment*, Volume 908, 168295, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168295>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972306922X>)
- Ding Z, Zhu M, Tam V W, Yi G & Tran C N. (2018). A system dynamics-based environmental benefit assessment model of construction waste reduction management at the design and construction stages, *J. Clean. Prod.* 176 676–92.

- Doan, D.T., Albsoul, H. & Hoseini, A.G, 2023. Enhancing construction waste management in New Zealand: Lessons from Hong Kong and other countries. *Environ. Res. Commun.* 5 (2023) 102001 <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ad0105>
- Elshaboury, Nehal & Al-Sakkaf, Abobakr & Mohammed Abdelkader, Eslam & Alfalah, Ghasan. (2022). Construction and Demolition Waste Management Research: A Science Mapping Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19. 4496. [10.3390/ijerph19084496](https://doi.org/10.3390/ijerph19084496).
- Hansen, S. (2024). Construction Waste Management from Environmental Law Perspective in Indonesia. *International Journal of Law and Public Policy (IJLAPP)*. 6. 1-7. [10.36079/lamintang.ijlapp-0601.578](https://doi.org/10.36079/lamintang.ijlapp-0601.578).
- Islam, N., Sandanayake, M., Shobha, M., & Dimuth, N. (2024). Review on Sustainable Construction and Demolition Waste Management—Challenges and Research Prospects. *Sustainability* 2024, 16(8), 3289; <https://doi.org/10.3390/su16083289>
- Ismaeel, W.S.E, & Kassim, N, (2023). An environmental management plan for construction waste management, *Ain Shams Engineering Journal*, Volume 14, Issue 12, 2023, 102244, ISSN 2090-4479, <https://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102244>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447923001338>)
- Jie, Z. & Nan, C. (2020). Concrete Construction waste pollution and Relevant Prefabricated Recycling Measures. *Nature Environment and Pollution Technology an International Quarterly Scientific Journal*. ISSN: 0972 6268; eISSN: 2395 3454. Volume 19, No. 1, pp. 367-372. [https://neptjournal.com/uploadimages/\(40\)G188](https://neptjournal.com/uploadimages/(40)G188).
- Kabirifar, K., Mojtahedi, M., Wang, C., Cynthia, & Tam, Vivian. (2020). Construction and demolition waste management contributing factors coupled with reduce, reuse, and recycle strategies for effective waste management: A review. *Journal of Cleaner Production*. 263. 121265. [10.1016/j.jclepro.2020.121265](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121265).
- Kurniawan, H.A., Susilowati, F., & Miftakhul Jannah, R. (2024). Study On Implementation Of Construction Waste Management In Minimizing Construction Material Waste. *Jurnal Pensil : Pendidikan Teknik Sipil*, 13(1), 1 - 12. <https://doi.org/10.21009/jpensil.v13i1.37863>
- Lam P T, Yu A T, Wu Z & Poon C S (2019) Methodology for upstream estimation of construction waste for new building projects. *J. Clean. Prod.* 230 1003–12
- Mah. C.M, Fujiwara, T, & Hob. C.S, (2018). Environmental Impacts of Construction and Demolition Waste Management Alternatives. , *Chemical Engineering Transactions*, 63, 343-348 DOI:10.3303/CET1863058. <https://www.aidic.it/cet/18/63/058.pdf>
- Martin, H., Chebrolu, D., Chadee, A., & Brooks, T. (2024). Too good to waste: Examining circular economy opportunities, barriers, and indicators for sustainable construction and demolition waste management, *Sustainable Production and Consumption*, Volume 48, 2024, Pages 460-480, ISSN 2352-5509, <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.05.026>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550924001544>)
- Meng, Y., Ling, T.C, & Mo, K.H, (2018). Recycling of wastes for value-added applications in concrete blocks: An overview, *Resources, Conservation and Recycling*, Volume 138, 2018, Pages 298-312, ISSN 0921-3449, <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.029>.
- Ogunseye, N.O, Ogunseye, O.D, & Ogunseye, A.O, (2023). "Construction and Demolition Waste Management in a Developing Country: A Nigerian Scenario," *Journal of Sustainability Perspectives*, vol. 3, no. 1, pp. 11-23, Aug. 2023. <https://doi.org/10.14710/jsp.2023.15413>
- Osmani, M, Sáez, P.V, (2019) Chapter 19 - Current and Emerging Construction Waste Management Status, Trends and Approaches, Editor(s): Trevor M. Letcher, Daniel A. Reka Lingsungan – 265

- Vallero, Waste (Second Edition), Academic Press, 2019, Pages 365-380, ISBN 9780128150603, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815060-3.00019-0>
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128150603000190>)
- Papi, F, Antonio, J, Lee, A, & Alhawamdeh, M. (2024). "Examining the Challenges for Circular Economy Implementation in Construction and Demolition Waste Management: A Comprehensive Review Using Systematic Methods" *Buildings* 14, no. 5: 1237. <https://doi.org/10.3390/buildings14051237>
- Paz, J.S, Orlando Arroyo, Luz Elba Torres-Guevara, Brayan A. Parra-Orobio, & Miguel Casallas-Ojeda, (2023). The circular economy in the construction and demolition waste management: A comparative analysis in emerging and developed countries, *Journal of Building Engineering*, Volume 78, 2023, 107724, ISSN 2352-7102, <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.107724>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352710223019046>)
- Prema, E. (2021). Solid Waste Management in the Construction Sector: A Prerequisite for Achieving Sustainable Development Goals IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/850/1/012007/pdf>
- Putra, I.G.P.A.S, Dharmayanti, G.A.P.C, & Dewi, A.A.D.P, 2018. Penanganan Waste material pada Proyek Konstruksi Gedung bertingkat. *Jurnal Spektran* Vol. 6, No. 2, Juli 2018, Hal. 176 – 185 e-ISSN: 2302-2590 <http://ojs.unud.ac.id/index.php/jsn/index>.
- Ray, S, Wai Ng, K.T, Tanvir Shahrier Mahmud, T.S, Richter, A, & Karimi, N, (2024). Temporal analysis of settlement areas and city footprints on construction and demolition waste quantification using Landsat satellite imagery, *Sustainable Cities and Society*, Volume 105, 2024, 105351, ISSN 2210-6707, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105351>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210670724001793>)
- Sapuay, S.E. (2016). Construction Waste – Potentials and Constraints. *Procedia Environmental Sciences*. 35. 714-722. [10.1016/j.proenv.2016.07.074](https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.074).
- Singh, S.P, Raju, G.S, & Shravan, M, (2018). Waste management in Construction - A study with reference to India, *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 9(9), 2018, pp. 533–538.
- Thongkamsuk P, Sudasna K & Tondee T (2017) Waste generated in high-rise buildings construction: a current situation in Thailand *Energy Procedia* 138 411–6
- Turkyilmaz A, Guney M, Karaca F, Bagdatkyzy Z, Sandybayeva A and Sirenova G (2019) A comprehensive construction and demolition waste management model using PESTEL and 3R for construction companies operating in central Asia *Sustainability* 11 1593
- Widhiawati, I.A.R, Astana, I.N.Y, & Indrayani, N.L.A, 2019. An analysis of building construction waste in Badung, Bali, *MATEC Web of Conferences* 276, 0 (2019) <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927602010> ICAnCEE 2018
- Won, J, & Cheng, J.C.P, Identifying potential opportunities of building information modeling for construction and demolition waste management and minimization, *Automation in Construction*, Volume 79, 2017, Pages 3-18, ISSN 0926-5805, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.002>.
- World Bank. (2018). What a waste: A global Snapshot of solid waste management to retrieve. March 30, 2023. From. <https://datatopics.worldbank.org/what-a-waste/trends-in-solid-waste-management.html>.
- Xu, Jiuping & Shi, Yi & Xie, Yachen & Zhao, Siwei. (2019). A BIM-Based construction and demolition waste information management system for greenhouse gas quantification and reduction. *Journal of Cleaner Production*. 229. [10.1016/j.jclepro.2019.04.158](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.158).
- Xu, J, Lu, W, Ye, M, Xue, F, Zhang, X, & Lee, B.F.P, (2020). Is the private sector more efficient? Big data analytics of construction waste management sectoral efficiency, *Reka Lingkungan* – 266

Resources, Conservation and Recycling, Volume 155, 2020, 104674, ISSN 0921-3449
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104674>.

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919305804>)

Zhang. C, Hu. M, Maio. F.D, Sprecher. B, Yang. X, & Tukker. A,(2022). An overview of the waste hierarchy framework for analyzing the circularity in construction and demolition waste management in Europe, Science of The Total Environment, Volume 803, 2022, 149892, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149892>.