

Estimasi Indeks *Waste Material* Konstruksi untuk Proyek Bangunan di Indonesia

* Agastya Fauzan Septianugraha¹, Setya Winarno²

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
Jl Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, 55584

*agastya.fauzan@gmail.com; setya.winarno@uii.ac.id

Abstract

The development of the construction industry in Indonesia is growing rapidly along with the development of increasingly innovative implementation methods. However, in practice it is difficult to avoid the emergence of non-value added material waste. Therefore, it is necessary to estimate the material waste index as a tool to control and minimize the occurrence of waste. This material waste index can be used as a benchmark to improve the performance of a sustainable construction industry. This research was conducted in a 4-storey building project in Yogyakarta with the main materials to be studied were steel bar, ready mix, formwork plywood, light brick, mortar, and ceramics. Furthermore, the data from the procurement document is used to calculate the waste generation per floor area (WGA) and the value of the material waste rate (MWR). Then these results are compared with waste data from the Shenzhen Construction Norm and research data from other countries. The average WGA and MWR values for steel bar materials are 0.034 kg/m² and 0.296%, ready mix materials are 0.38 kg/m² and 0.986%, formwork plywood materials are 0.008 kg/m² and 1.72%, light brick materials are 0.01 kg/m² and 1.12%, mortar material at 0.028 kg/m² and 2.13%, ceramic material at 0.02 kg/m² and 1.34%. From these results, it is compared with waste data in China and it is found that ready mix waste and steel bar are above the normal waste range in China. For comparison with other countries WGA and MWR in this study are lower than waste research data from other countries.

Keywords: waste material, index estimation, WGA, MWR

Abstrak

Perkembangan industri konstruksi di Indonesia semakin pesat seiring dengan perkembangan metode pelaksanaan yang semakin inovatif. Namun dalam prakteknya sulit untuk menghindari munculnya *waste material* yang tidak bernilai tambah. Oleh karena itu, perlu dilakukan estimasi indeks *waste material* sebagai alat untuk mengendalikan dan meminimalkan terjadinya *waste*. Indeks *waste material* ini dapat dijadikan tolak ukur untuk meningkatkan kinerja industri konstruksi yang berkelanjutan. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan gedung 4 lantai di Yogyakarta dengan bahan utama yang akan diteliti adalah batang baja, ready mix, bekisting triplek, bata ringan, mortar, dan keramik. Selanjutnya, data dari dokumen pengadaan digunakan untuk menghitung timbulan sampah per luas lantai (WGA) dan nilai material waste rate (MWR). Kemudian hasil ini dibandingkan dengan data *waste* dari Shenzhen Construction Norm dan data penelitian dari negara lain. Rata-rata nilai WGA dan MWR untuk material baja tulangan adalah 0,034 kg/m² dan 0,296%, material ready mix adalah 0,38 kg/m² dan 0,986%, material bekisting kayu lapis 0,008 kg/m² dan 1,72%, material bata ringan 0,01 kg/m² dan 1,12%, material mortar sebesar 0,028 kg/m² dan 2,13%, material keramik sebesar 0,02 kg/m² dan 1,34%. Dari hasil tersebut, dibandingkan dengan data *waste* di China dan ditemukan bahwa *waste* ready mix dan batangan baja berada di atas kisaran *waste* normal di China. Untuk perbandingan dengan negara lain WGA dan MWR dalam penelitian ini lebih rendah dari data penelitian *waste* dari negara lain

Kata Kunci: limbah material, estimasi indeks, WGA, MWR

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara dengan penduduk terbanyak keempat di dunia dengan laju pertumbuhan 1,1% per tahun (BPS, 2018). Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, maka pemerintah giat melakukan pembangunan di sektor infrastruktur guna melayani kebutuhan masyarakat. Tercatat terdapat sebanyak 160.576 perusahaan konstruksi yang tersebar di Indonesia (BPS, 2018). Hal tersebut tentunya juga membuat semakin berkembangnya inovasi-inovasi baru dalam metode pelaksanaannya. Salah satu metode yang terkenal adalah metode *lean construction* yang bertujuan untuk menambah nilai (*value*) dan meminimalisir *waste*, salah satunya adalah *waste material*. Di beberapa negara seperti di Inggris sudah melakukan praktek konstruksi untuk meminimalisasi *waste* di lokasi proyek (UK Government, 2006), di Hong Kong sudah melakukan praktek *waste management plan* di setiap proyek konstruksi sejak tahun 2003 (Tam dan Tam, 2008), dan di China sudah memiliki peraturan tentang indeks *waste material* (Lu dkk, 2011).

Beberapa studi juga sudah meneliti terkait perhitungan *waste material* dalam suatu wilayah (seperti Bergsdal dkk., 2007; Cochran dkk., 2007; Franklin

Associates, 1998; Kofoworola dan Gheewala, 2009; Yost dan Halstead, 1996) dan indeks *waste* konstruksi di lokasi proyek (seperti Bossink dan Brouwers, 1996; Formoso dkk., 2002; Poon dkk., 2004; Skoyles, 1976). Namun di Indonesia masih cukup diabaikan terkait pentingnya pengelolaan *waste material* yang menyebabkan minimnya data jumlah *waste material* suatu proyek. Hal tersebut sangat mendesak untuk dikaji lebih lanjut terkait perhitungan indeks *waste material* konstruksi pada proyek bangunan di Indonesia. Studi kasus penelitian dilakukan di proyek Gedung FRC, Universitas Gadjah Mada. Jenis struktur bangunan pada proyek ini hampir memiliki tipikal yang sama dengan jenis struktur bangunan yang mayoritas ada di Indonesia yaitu menggunakan jenis struktur beton bertulang. Proyek tersebut dibangun oleh PT. Pembangunan Perumahan, salah satu kontraktor yang dalam pelaksanaannya memperhatikan *waste material* dari setiap pengadaannya. Sehingga ketersediaan data *waste material* pada proyek ini menjadi faktor utama pemilihan lokasi tersebut untuk dikaji dalam penelitian ini.

METODE

Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil studi kasus pada Proyek Pembangunan Gedung Field Research Centre (FRC), Universitas Gadjah Mada di Jalan Terbah, Wates, Kecamatan Wates, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur atas dasar landasan teori, metode analisis data, dan perbandingan hasil-hasil penelitian terdahulu yang memiliki kaitan dan mendukung penelitian ini. Tujuan dari studi literatur adalah memperoleh dasar-dasar ilmu dan tahapan-tahapan untuk merancang, mengambil, dan mengolah data penelitian.

Objek Penelitian

Data yang diperlukan dan digunakan pada penelitian ini adalah data dokumen pengadaan dan *waste material* yang didapatkan langsung dari pihak kontraktor.

Observasi Material Utama yang Digunakan di Proyek

Meskipun bangunan konstruksi di dunia bervariasi baik struktur dan metodologi bangunan, tetapi jenis waste construction secara umum adalah limbah beton, batu bata, besi, kayu, mortar, keramik, bahan kemasan plastic, karton, dll (Bossink dan Brouwers, 1996; Formoso dkk, 2002; Poon dkk, 2004; Tam dkk, 2012). Sebagian besar bangunan baru di Indonesia adalah bangunan bertingkat dengan menggunakan struktur beton bertulang. Umumnya, waste material dari bangunan bertingkat struktur beton dihasilkan dari pekerjaan beton, pekerjaan pasangan bata, pekerjaan bekisting, dan pekerjaan finishing seperti plesteran dan acian (Poon dkk, 2004). Hal ini dapat terlihat jelas bahwa jenis bahan utama konstruksi seperti beton, bekisting, besi, pasangan bata, mortar, dan keramik merupakan sumber utama waste konstruksi (Li dkk, 2010).

Tabel 1. Material Utama dalam Konstruksi Bangunan Bertingkat

No	Material	Keterangan
1	Beton	Material utama pekerjaan beton bertulang
2	Besi Beton	Material utama pekerjaan beton bertulang
3	Bata Ringan/Hebel	Material utama pekerjaan dinding
4	Tripleks Bekisting	Material utama pekerjaan beton bertulang
5	Mortar	Material utama pekerjaan finishing
6	Keramik	Material utama pekerjaan finishing

Sumber: Li dkk (2010)

Observasi Data Dokumen Pengadaan dan Waste Material

Jumlah pengadaan dan waste setiap material didapatkan dari dokumen pengadaan atau dokumen stok material. Jumlah biaya dalam dokumen pekerjaan pada umumnya sudah termasuk biaya kerugian material selama konstruksi berjalan, sehingga dokumen tersebut mendekati jumlah pembelian yang sebenarnya.

Menghitung Nilai Rasio Waste Material (MWR) dan Waste Berkuantitas Kecil (W_0)

MWR diukur dari presentase perbandingan antara jumlah *waste* material dengan jumlah pembelian material (Bossink dan Brouwers, 1996; Enshassi, 2007; Skoyles, 1976) atau dengan jumlah material yang terpasang (Formoso dkk, 2002; Tam dkk, 2007; Poon dkk, 2004). Untuk memudahkan pemahaman intuitif stakeholder, nilai MWR dinyatakan dengan persentase rasio waste dari material yang dibeli (Li dkk, 2013).

Terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk mengukur nilai MWR, yaitu dengan cara monitoring di lapangan (Bossink dan Brouwers, 1996; Enshassi, 2007; Poon dkk, 2004; Skoyles, 1976) dan perbandingan jumlah *waste* material dengan jumlah pengadaan material atau jumlah material yang terpasang sesuai desain (Wu dkk., 2016; Tam dkk, 2007; Formoso dkk, 2002; Li dkk, 2013). Dalam studi ini MWR didapatkan dari data pengadaan setiap material oleh pihak quantity surveyor yang disetujui dan divalidasi oleh manajer proyek. Priyantono (2021) menyatakan bahwa pengukuran waste material dihitung dengan mencatat volume pendatangan material serta mencatat volume pelaksanaan yang terpasang atau realisasi di lapangan yang kemudian didapat selisih nilainya.

Nilai W_0 merupakan nilai *waste* yang tidak dicatat sebagai aliran waste atau merupakan *waste* dengan kuantitas yang kecil seperti kemasan semen, tumpukan plastik, potongan-potongan kecil, dan lain-lain. *Waste* tersebut mencakup banyak kategori dan memiliki berat yang sangat kecil dari total waste proyek. Pada proyek ini nilai W_0 sama dengan nol dikarenakan *waste* seperti bungkus semen, plastik, potongan-potongan kecil dikumpulkan kemudian dijual atau didaur ulang kembali di tempat penampungan..

Menurut Li, dkk (2013) terdapat tiga persamaan untuk menghitung nilai MWR di lokasi proyek sebagai mana diuraikan dalam persamaan 1

$$MWR_i = \frac{WG_i}{M_i} \quad 1$$

dengan:

MWR_i : Rasio *waste* material dari setiap material atau setiap pengadaannya (%)

WG_i : Jumlah *waste* yang dihasilkan dari setiap material atau setiap pengadaannya (kg)

M_i : Jumlah berat yang dibeli dari setiap material atau setiap pengadaannya (kg)

Menghitung Waste Generation per Floor Area (WGA)

Menurut Li, dkk (2013) terdapat tiga persamaan untuk menghitung nilai WGA di lokasi proyek sebagai mana diuraikan dalam persamaan 2

$$WGA_i = \frac{WG_i}{GFA} \quad 2$$

dengan:

WGA_i : Waste yang dihasilkan dalam tiap luas area lantai untuk setiap material atau setiap pengadaannya (kg)

WG_i : Jumlah waste yang dihasilkan dari setiap material atau setiap pengadaannya (kg)

GFA : Luas lantai kotor (m²)

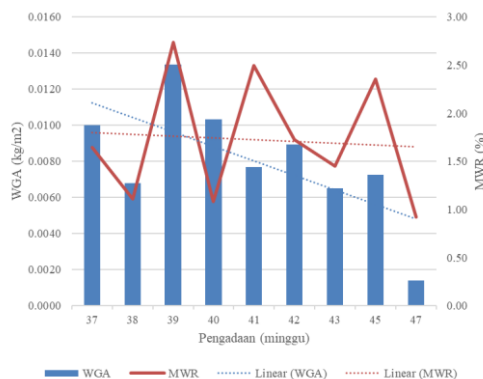
HASIL DAN PEMBAHASAN

Perlu diketahui bahwa terdapat perbedaan satuan yang tercantum pada dokumen pengadaan dengan tabel perhitungan. Sebagai contoh beton diukur berdasarkan satuan meter kubik (m³). Satuan tersebut merupakan data asli yang didapat dari data pengadaan material. Dengan demikian untuk perhitungan WGA dan MWR, berat WG material dikonversi ke dalam satuan kilogram. Untuk nilai GFA (Gross Floor Area) pada proyek ini seluas 4765.92 m² yang didapat dari gambar rencana.

Triplek Bekisting

Tabel 2. MWR dan WGA Tripleks Bekisting

Minggu ke	M (kg)	WG (kg)	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
37	58,125.00	369.68	0.64	0.078
38	309,225.00	706.80	0.23	0.148
39	71,958.75	936.98	1.30	0.197
41	569,253.00	5,480.03	0.96	1.150
42	144,615.00	1,315.95	0.91	0.276
43	336,822.75	3,938.55	1.17	0.826
45	508,644.90	4,150.13	0.82	0.871
47	515,615.25	4,484.93	0.87	0.941



Gambar 1. Perbandingan WGA dan MWR Tripleks Bekisting

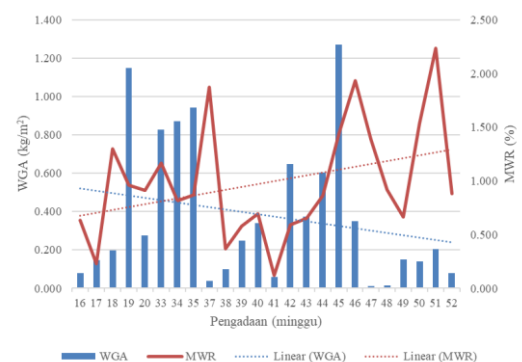
Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Perlu diketahui bahwa terdapat perbedaan satuan yang Didapatkan nilai rata-rata MWR sebesar 1.72% dalam rentang 0.92% – 2.73%. Untuk nilai rata-rata WGA adalah 0.008 kg/m² dengan rentang nilai 0.0014 kg/m² – 0.0134 kg/m². Nilai MWR dan WGA total adalah 1.64% dan 0.072 kg/m².

Ready Mix

Tabel 3. MWR dan WGA Ready Mix

Minggu ke	M (kg)	WG (kg)	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
16	58,125.00	369.68	0.64	0.078
17	309,225.00	706.80	0.23	0.148
18	71,958.75	936.98	1.30	0.197
19	569,253.00	5,480.03	0.96	1.150
20	144,615.00	1,315.95	0.91	0.276
33	336,822.75	3,938.55	1.17	0.826
34	508,644.90	4,150.13	0.82	0.871
35	515,615.25	4,484.93	0.87	0.941
37	9,667.35	181.35	1.88	0.038
38	128,047.05	474.30	0.37	0.100
39	204,637.20	1,188.08	0.58	0.249
40	233,360.25	1,627.50	0.70	0.341
41	240,033.00	285.98	0.12	0.060
42	519,646.80	3,087.60	0.59	0.648
43	272,371.43	1,778.63	0.65	0.373
44	332,235.53	2,876.03	0.87	0.603
45	420,645.98	6,063.60	1.44	1.272
46	85,999.43	1,662.38	1.93	0.349
47	3,510.75	48.83	1.39	0.010
48	7,579.50	69.75	0.92	0.015
49	107,166.23	713.78	0.67	0.150
50	43,335.68	664.95	1.53	0.140
51	43,335.68	969.53	2.24	0.203
52	43,335.68	381.30	0.88	0.080



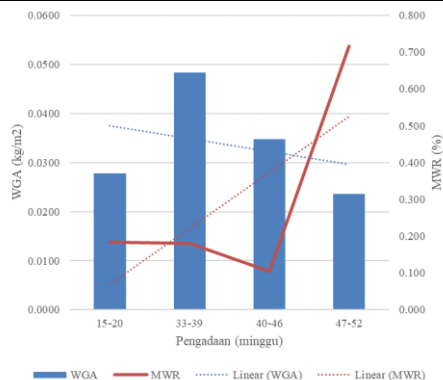
Gambar 2. Perbandingan WGA dan MWR Ready Mix
Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Didapatkan nilai rata-rata MWR sebesar 0.986% dengan rentang nilai 0.12% – 2.24%. Untuk nilai rata-rata WGA adalah 0.38 kg/m² dengan rentang nilai 0.01 kg/m² – 1.27 kg/m². Nilai MWR dan WGA total adalah 0.83% dan 9.12 kg/m².

Besi

Tabel 4. MWR dan WGA Besi

Minggu ke	M (kg)	WG (kg)	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
15	71,675.06	132.23	0.184	0.028
33	127,793.06	230.12	0.180	0.048
40	157,955.05	165.52	0.105	0.035
47	15,690.10	112.40	0.716	0.024



Gambar 3. Perbandingan WGA dan MWR Besi

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Didapatkan nilai rata-rata MWR sebesar 0.296% dengan rentang nilai 0.105% – 0.716%. Untuk nilai rata-rata WGA adalah 0.034 kg/m² dengan rentang nilai 0.024 kg/m² – 0.048 kg/m². Nilai MWR dan WGA total adalah 0.172% dan – 0.134 kg/m².

Bata Ringan

Tabel 5. MWR dan WGA Bata Ringan

Minggu ke	M (kg)	WG (kg)	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
45	10,237.70	117.15	1.14	0.025
47	2,512.95	55.55	2.21	0.012
48	12,751.20	75.35	0.59	0.016
49	6,301.90	53.35	0.85	0.011
50	4,291.65	45.65	1.06	0.010
51	4,705.25	46.20	0.98	0.010
52	2,154.90	29.15	1.35	0.006
53	2,728.00	28.60	1.05	0.006
55	5,211.25	44.55	0.85	0.009



Gambar 4. Perbandingan WGA dan MWR Bata Ringan

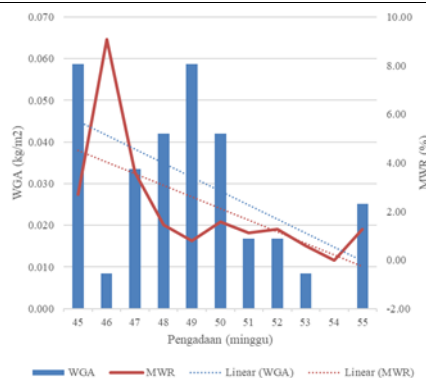
Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Didapatkan rata-rata MWR sebesar 1.12% dengan rentang nilai 2.21% - 0.59%. Untuk rata-rata WGA sebesar 0.01 kg/m² dengan rentang nilai 0.02 kg/m² – 0.006 kg/m². Nilai MWR dan WGA total adalah 0.974% dan – 0.104 kg/m².

Mortar

Tabel 6. MWR dan WGA Material Mortar

Minggu ke	M (kg)	WG (kg)	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
45	10,400.00	280.00	2.69	0.059
46	440.00	40.00	9.09	0.008
47	4,440.00	160.00	3.60	0.034
48	13,840.00	200.00	1.45	0.042
49	35,560.00	280.00	0.79	0.059
50	12,640.00	200.00	1.58	0.042
51	7,200.00	80.00	1.11	0.017
52	6,280.00	80.00	1.27	0.017
53	6,800.00	40.00	0.59	0.008
54	880.00	0.00	0.00	0.000
55	9,440.00	120.00	1.27	0.025



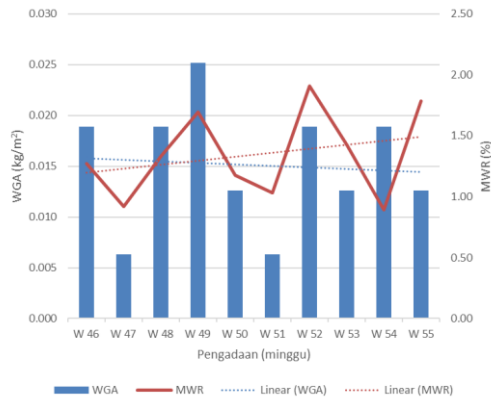
Gambar 5. Perbandingan WGA dan MWR Mortar

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Keramik

Tabel 7. MWR dan WGA Material Keramik

Minggu ke	M (kg)	WG (kg)	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
45	7,080.00	90.00	1.27	0.019
47	3,270.00	30.00	0.92	0.006
48	6,750.00	90.00	1.33	0.019
49	7,080.00	120.00	1.69	0.025
50	5,100.00	60.00	1.18	0.013
51	2,910.00	30.00	1.03	0.006
52	4,710.00	90.00	1.91	0.019
53	4,200.00	60.00	1.43	0.013
54	10,080.00	90.00	0.89	0.019
55	3,360.00	60.00	1.79	0.013



Gambar 6. Perbandingan WGA dan MWR Keramik

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Didapatkan nilai rata-rata MWR sebesar 1.34% dengan rentang nilai 1.91% - 0.89%. Untuk nilai rata-rata WGA didapatkan sebesar 0.02 kg/m² dengan rentang nilai 0.025 kg/m² – 0.006 kg/m². Nilai MWR dan WGA total adalah 1.32% dan – 0.151 kg/m².

Membandingkan dengan Data Empiris di China

Membandingkan dengan data empiris di China merupakan salah satu hal yang dapat dijadikan tolak ukur karena di China sudah terdapat peraturan rasio batasan waste yaitu di dalam Shenzhen Construction Norm dan Building Construction Book.

Tabel 8. Hasil Perhitungan MWR dan WGA studi ini

Material	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
Besi	0.172	0.134
Beton	0.834	9.118
Triplex Bekisting	1.643	0.072
Bata Ringan	0.974	0.104
Mortar	1.371	0.311
Keramik	1.320	0.151

Sumber: Hasil Pengolahan data (2021)

Tabel 9. Hasil Perhitungan MWR dan WGA China

Material	MWR (%)	WGA (kg/m ²)
Besi	2.88	0.014 – 0.073
Beton	1.33	0.357 – 2.387
Triplex Bekisting	5.0	1.678 – 1.905
Bata Ringan	7.0	0.037 – 0.821
Mortar	3.95	0.368
Keramik	2.5	0.3

Sumber: Li dkk (2010)

Menurut Lu (2011), nilai empiris WGA total yang sering dihasilkan pada proyek di China berkisar antara 3.275 – 8.791 kg/m² sedangkan pada studi ini sebesar 9.89 kg/m².

Perbedaan nilai WGA dan MWR di studi ini dan China dipengaruhi beberapa faktor seperti perbedaan teknologi konstruksi, ketrampilan tenaga kerja, metode

penyimpanan material, jenis struktur bangunan, dan fungsi bangunan..

Membandingkan WGA dan MWR dengan Negara Lain

Membandingkan data WGA antar negara dapat membantu sebagai tolak ukur dan identifikasi praktek manajemen waste yang baik (Lu dkk, 2011). Namun, akan sulit menyamakan data WGA dengan negara lain karena hal ini juga dipengaruhi oleh perbedaan teknologi konstruksi, metode pelaksanaan pekerjaan, dan pendekatan pengukuran waste (Formoso dkk, 2002).

Tabel 10. WGA struktur bangunan dari negara lain

Negara	Total WGA (kg/m ²)	WGA (kg/m ²)					
		Beton	Besi	Tripleks bekisting	Pasangan Bata	Mortar	Keramik
Amerika ^a	43.7	22.9	0.9	6.4	-	-	-
Norway ^b	30.7	19.11	0.48	2.75	-	-	-
Korea ^c	47.8	15.87	5.17	3.84	4.53	0.35	0.33
Thailand ^d	18.99	-	-	-	-	-	-

^a Sumber Data: Cochran dkk (2007)

^b Sumber Data: Bergsdal dkk (2007), termasuk gedung perkantoran dan gedung apartment

^c Sumber Data: Seo dan Hwang (1999), termasuk gedung struktur beton bertulang

^d Sumber Data: Kofoworola dan Gheewala (2008)

Tabel 11. MWR struktur bangunan dari negara lain

Negara	MWR (%)					
	Beton	Besi	Tripleks Bekistin g	Pasangan Bata	Mortar	Keramik
Hongkong ^a	4.06	3.81	3.33	4.96	-	4.21
Amerika ^b	40 – 50	1 – 5	20 – 30	-	1 – 5	-
Norway ^c	45.8	1.32	13.67	-	-	-
Spanyol ^d	29.3	8.80	5.40	-	-	-
Malaysia ^e	65.8	1	5	-	1.6	-

^a Sumber Data: Tam (2008), termasuk gedung komposit

^b Sumber Data: Sandler dkk (2003), termasuk gedung residential dan non-residential

^c Sumber Data: Bergsdal (2007), termasuk gedung residential dan non-residential

^d Sumber Data: Martinez Lage dkk (2010), termasuk gedung residential dan non-residential

^e Sumber Data: Begum dkk (2006), termasuk gedung residential dan non-residential

Ditinjau dari nilai MWR, pada studi ini masih berada dibawah MWR negara lain. Ditinjau dari nilai WGA setiap material, mortar masih masuk rentang nilai WGA di Amerika tetapi untuk material lainnya masih berada dibawah negara lain. Secara total nilai WGA pada studi ini masih berada dibawah nilai WGA negara lain. Beberapa

faktor yang mempengaruhi perbedaan ini adalah struktur bangunan, fungsi bangunan, metode pelaksanaan pekerjaan, dan level manajemen konstruksinya.

KESIMPULAN

Nilai total WGA pada studi kasus ini adalah 9.89 kg/m² dengan material ready mix sebagai penyumbang waste terbanyak sebesar 9.12 kg/m² dan material tripleks bekisting sebagai penyumbang waste terkecil sebesar 0.072 kg/m².

Nilai MWR terbesar ada pada material triplek bekisting sebesar 1.643% dan nilai MWR terkecil ada pada material besi sebesar 0.17%.

Ditinjau dari nilai MWR setiap material, studi ini masih berada di bawah nilai MWR yang ada di China dan kondisi negara lain. Selanjutnya apabila ditinjau dari nilai WGA setiap material, material ready mix dan besi berada di atas nilai WGA yang ada di China. Apabila dibandingkan dengan kondisi negara lain material mortar masuk dalam rentang data Amerika dan untuk material lainnya masih dibawah kondisi negara lain. Kemudian apabila ditinjau dari nilai WGA secara total, pada studi ini masih berada dibawah nilai WGA negara lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, M. 2007. Konstruksi Ramping: Memaksimalkan Value Dan Meminimalkan Waste. Fakultas Teknik Sipil Dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Konstruksi 2018. Badan Pusat Statistik Indonesia. (In Press). Indonesia
- Begum, R.A., Siwar, C., Pereira, J.J., Jaafar, A.H., 2006. A benefit-cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: the case of Malaysia. *Resour. Conserv. Recycl.* No:48, 86–98.
- Bergsdal, H., Bohne, R.A., Brattebo, H. 2007. Projection of Construction And Demolition Waste in Norway. *Journal of Industrial Ecology.* No.11:27–39.
- Bossink, B.A.G., Brouwers, H.J.H. 1996. Construction waste: quantification and source evaluation. *Constr. Eng. Manage* Vol: 122. Page: 55–60.
- Cochran, K.M., Townsend, T.G. 2010. Estimating construction and demolition debris generation using a materials flow analysis approach. *Waste Management.* No.30: 2247–54.
- Ding, T., Xiao, J., 2014. Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai. *Waste Management,* Vol: 34. Page: 2327–2334.
- Enshassi, A. 2007. Materials Control and Waste on Building Sites. *Building Research & Information,* 24:1. 31-34.
- Formoso, C.T., Soibelman, L., Cesare, C.D., Isatto, E.L. 2002. Material Waste in Building Inventory: Main Causes and Prevention. *Journal Construction Engineering Management.* No.128: 316-325.
- Franklin Associates. 1998. Characterization of Building Related Construction and Demolition Debris in the United States. USA: US Environmental Protection Agency. EPA-530-R-98-010
- Hoang, N.H., Ishigaki, T., Kubota, R., Tong, K.T., Nguyen, T.T., Nguyen, H.G., Yamada, M., Kawamoto, K., 2020. Waste Generation, Composition, and Handling in Building-related Construction and Demolition in Hanoi, Vietnam. *Waste Management.* No. 117: 32-41.
- Kofoworola, O.F., Gheewala, S.H. 2008. Estimation of Construction Waste Generation and Management in Thailand. *Journal of Waste Management* Vol. 29. Page: 731–738.
- Li, J., Ding Z., Mi, Xuminang., Wang, J. 2013. Investigation and analysis on generation rate of construction waste. *Construction Economics.* No. 1: 6-83.
- Li, J., Ding Z., Mi, Xuminang., Wang, J. 2010. A Model for Estimating Construction Waste Generation Index for Building Project in China. *Resources, Conservation, and Recycling.* No. 74: 20-26.
- Llatas, C. 2011. A model for Quantifying Construction Waste In Projects According To The European Waste List. *Waste Management.* No.31: 1261–76.
- Lu, W., Yuan, H., Li, J., Hao, J.J.L., Mi, X., Ding, Z. 2011. An empirical investigation of construction and demolition waste generation rates in Shenzhen city, South China. *Waste Management,* Vol: 31. Page: 680–687
- Nuridin, A.A. 2016. Kajian Implementasi Integrated Construction Management Software (ICMS) Untuk Perhitungan Rencana Anggaran Biaya Dan Penjadwalan Proyek Konstruksi. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Poon, C.S., Yu, A.T.W & Ng, L.H. 2004. Management of Construction Waste in Public Housing Projects Hong Kong. *Construction, Management and Economics.* No. 22: 675-689.
- Seo S, Hwang Y. 1999. An estimation of construction and demolition debris in Seoul, Korea: waste amount, type, and estimating model. *Journal of the Air and Waste Management Association.* No.49(8):980–5
- Shi, J., Xu, Y., Shi, J., Xu, Y., 2007. Estimation and forecasting of concrete debris amount in China. *Resource Conservation Recycle,* Vol: 49. Page: 147–158.
- Skoyles, E.R., Skoyles, J.R. 1987. *Waste Prevention on Site.* Mitchell Publishing. London.
- Soeharto, I. 1997. *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional.* Erlangga. Jakarta
- Tam, VWY., Tam, CM. 2008. Waste reduction through incentives: a case study. *Building Research and Information.* No.36: 37–43.
- Tam, V.W.Y., Tam, C.M., Zeng, S.X., Ng, W.C.Y., 2007. Towards Adoption of Prefabrication in Construction. *Building Environment,* Vol: 42. Page: 3642–3654.
- United Kingdom Government – Department for Communities and Local Government. 2006. *Code for Sustainable Homes.* London, United Kingdom: The Department for Communities and Local Government. London
- Womack and Jones. 1996. *Lean Thinking : Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.* Michigan: Simon & Schuster.
- Wu, H., Duan, H., Zheng, L., Wang, J., Niu, Y., Zhang, G. 2016. Demolition waste generation and recycling potentials in a rapidly developing flagship megacity of South China: prospective scenarios and implications.

- Construction Building Material, Vol: 113. Page: 1007–1016.
- Yahya, K. and Boussabaine, A.H. 2004. Eco-costs of Sustainable Construction Waste Management. Proceedings of the 4th International Postgraduate Research Conference. Salford. Page:142-50.
- Yu, Bo., Wang, J., Li, J., Zhang, J., Lai, Y., Xu, X. 2019. Prediction of large-scale demolition waste generation during urban renewal: A hybrid trilogy method. Waste Management, Vol: 89. Page: 1-9.