

PEMILIHAN METODE PEMBONGKARAN GEDUNG BERTINGKAT MENGUNAKAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*

Mardiama¹, Fernando Simarmata²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

Email: mardi240967@gmail.com

²Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Tama Jagakarsa

Email: fernando.bimjis@gmail.com

Masuk:27-09-2021, revisi: 27-10-2021, diterima untuk diterbitkan: 30-11-2021

ABSTRAK

Pembongkaran merupakan tahap akhir dalam siklus hidup suatu aset. Bangunan gedung dibongkar setelah mencapai umur hidupnya, dimana umurnya berbeda untuk setiap jenis bangunan dan negara dimana bangunan berada. Penelitian ini fokus pada pembongkaran gedung bertingkat IFC di Jakarta. Ada 4 metode pembongkaran yang umum diterapkan meliputi metode manual, manual dengan Mesin, mekanikal, dan bahan peledak. Setiap metode mempunyai dampak positif dan negatif. Tujuan penelitian ini memilih metode terbaik. Pemilihan menggunakan metode analitikal hirarki proses. Daftar kriteria. Sub kriteria dan alternatif diperoleh dari berbagai sumber literatur dan pengalaman. Pengisian pertanyaan mengenai kriteria, sub kriteria dan alternatif dilakukan oleh 4 ahli dalam bidang pembongkaran gedung dan dilakukan secara tatap muka. Ada 4 kriteria, 12 sub kriteria dan 4 alternatif yang dipakai dalam pertanyaan. Berdasarkan pengolahan data terkumpul dengan analitikal hirarki proses diperoleh metode pembongkaran terbaik secara berturut-turut metode manual dengan mesin (0.3435). mekanikal (0.2397), manual (0.2117) dan bahan peledak (0.2052).

Kata kunci: metode pembongkaran; analitikal hirarki proses; Gedung

ABSTRACT

The demolition is the final stage in assets life cycle. The demolished building is after reaching its life span, where the age is different for each type of building and the country where the building is located. This study focuses on the demolition of the IFC high-rise building in Jakarta. There are 4 commonly applied demolition methods: manual methods, manual with machines, mechanical, and explosives. Each method has positive and negative impacts. The purpose of this research was to choose the best method. The selection uses a hierarchical process analytical method—a list of criteria. Sub-criteria and alternatives were obtained from various sources of literature and experience. 4 elected experts filling out questions regarding criteria, sub-criteria, and alternatives were carried out in building demolition and carried out face-to-face. There are 4 criteria, 12 sub-criteria, and 4 alternatives used in the question. Based on the processing of the collected data using the hierarchical analysis of the process, the best disassembly method was obtained, respectively, the manual method with the machine (0.3435). mechanical (0.2397), manual (0.2117) and explosive (0.2052).

Keywords: demolition method; process hierarchy analysis; building

1. PENDAHULUAN

Siklus hidup proyek konstruksi meliputi: perencanaan, perancangan, pembangunan, pemeliharaan, dan pembongkaran (Liu et al., 2012). Struktur bangunan didisain untuk jangka waktu tertentu. Umur suatu struktur bangunan berbeda-beda misalnya 100 tahun di India (Rathi & Khandve, 2014), 30 tahun di Indonesia (Peraturan bangunan Indonesia). Bangunan akan dibongkar jika umur pakainya sudah tercapai. Pembongkaran merupakan kegiatan membongkar atau merobohkan seluruh atau sebagian bangunan gedung, komponen, bahan bangunan, dan/atau prasarana dan sarananya.

Pada tahap pembongkaran gedung, harus memperhatikan persyaratan tentang keselamatan, lingkungan setempat, limbah berbahaya dan beracun (B3) dan peraturan khusus dari masyarakat

(Zahir, 2015). Hasil limbah konstruksi pembongkaran seperti kayu, baja, beton, plastik dan batu bata (Gokul et al., 2016).

Pada prakteknya ada berbagai metode pembongkaran gedung seperti mesin, pembor, pemotong gergaji, dan bahan peledak. Sekitar 70% hasil limbah pembongkaran dapat didaur ulang menjadi *agregate* beton sebagai pengganti bahan alam (Weimann et al., 2003).

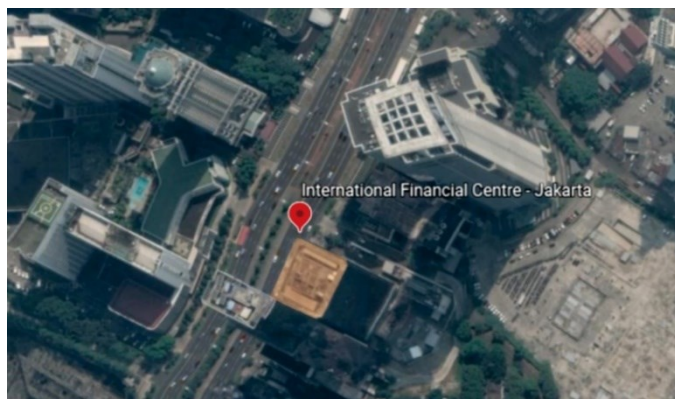
Dampak negatif pembongkaran menghasilkan paparan asbestos. Pada pelaksanaan pembongkaran bangunan, pekerja sering terpapar oleh asbestos dengan skala cukup tinggi. Kejadian ini terjadi pada saat kegiatan penghancuran bangunan (Ertaş & Sayıl Erdoğan, 2017).

Material bongkaran bangunan bermacam-macam. Ada bahan yang dapat digunakan kembali seperti kayu pintu dan jendela, balok kayu, logam dan batu bata. Bahan-bahan tersebut tanpa memerlukan daur ulang (Bansal & Singh, 2015). Selama proses pembongkaran akan terjadi dampak negatif. Besar dampak negatif pembongkaran gedung bergantung pada: 1) lokasi, 2) umur gedung, 3) ketinggian, 4) tipe struktur, dan 5) berat struktur (Gokul et al., 2016).

Ada kemungkinan terjadi kematian akibat pembongkaran (Ertaş & Sayıl Erdoğan, 2017). Di Hongkong pedoman pelaksanaan pembongkaran sudah ada, walaupun belum diformulasikan dengan baik. Pedoman pelaksanaan pembongkaran juga sudah ada di Australia (Work Australia, 2016). Pedoman tersebut berisi proses pengelolaan, perencanaan, pengendalian risiko, metode dan pembongkaran struktur khusus. Selanjutnya standar pembongkaran gedung sudah diterapkan di Indonesia (Permen PUPR No 18 Tahun 2021 Tentang Standa Pembongkaran Gedung, 2021)

Arham (2003) meneliti pemilihan metode pembongkaran yang tepat dengan menggabungkan pengetahuan dari para ahli untuk diaplikasikan pada struktur bangunan tertentu. Coelho (2009), menganalisis penerapan metode pembongkaran secara konvensional yang dibandingkan dengan metode pembongkaran secara selektif.

Pemilihan pembongkaran gedung dapat dianalisa menggunakan metode analitis hirarki proses. Metode ini sudah umum dilakukan untuk mengambil keputusan berdasarkan alternatif yang tersedia dari kriteria dan sub kriteria yang ditentukan sesuai dengan topik permasalahan seperti pemilihan penyediaan peralatan (Lubis, 2013); pemilihan kontraktor (Sharma & Batra, 2016); (Ricky & Mardiama, 2020) dan (Wafiq & Adi, 2016).



Gambar 1. International Financial Centre 1 di Jalan Jendral Sudirman, Jakarta Selatan.

Secara umum ada beberapa metode pembongkaran (Gokul et al., 2016). Pembongkaran konstruksi bangunan memberikan kontribusi pada penggunaan sumber daya pada fasilitas baru (Liu et al., 2012). Limbah konstruksi dapat digunakan kembali untuk berbagai keperluan (Vimal et al., 2013). Berbagai metode pembongkaran gedung sudah tersedia (Department,

2004). Penentuan metode pembongkaran bergantung pada berbagai faktor seperti kondisi lokasi, jenis struktur, umur bangunan, ketinggian bangunan dan keuangan (Gokul et al., 2016)

Tabel 1 menjelaskan komposisi limbah bongkaran konstruksi. Persentase tertinggi limbah bongkaran adalah beton disusul oleh limbah aspal.

Tabel 1. Komposisi limbah bongkaran

Kategori Limbah	Komposisi (100 %)			
	Spencer 1991	Bossink & Brouwers 1996	AEP 1995	CH2M HILL 1992
Aspal	46	-	-	-
Beton	14	13	-	70
Logam	5	-	7	6
Kayu	26	-	35	13
Clay stone	-	29	-	-
Tiang pancang	-	17	-	-
Clay bricks	-	14	-	6
Clay roof	-	10	-	-
Mortar semen	-	8	-	-
Kertas	-	7	8	-
Agregat keramik	-	-	24	-
Gypsum	-	-	17	2
Kaca	-	-	3	-
Plastik	-	-	2	-
Lain-lain	9	2	4	3
Total	100	100	100	100

1.1. Metode top-down manual

Pembongkaran mulai dari lantai atas ke bawah menggunakan peralatan yang dioperasikan manusia. jack hammer dan palu godam. Fungsi alat ini untuk menghancurkan elemen-elemen struktur gedung. Tingkat kesulitan pada kegiatan penghancuran gedung bergantung pada kekuatan struktur.

1.2. Metode top down dengan mesin

Pembongkaran menggunakan alat berat hydraulic stone crusher, hydraulic stone breaker. Crane digunakan untuk memindahkan hydraulic stone crusher atau hydraulic stone breaker dari satu lantai ke lantai di bawahnya. Alat pembongkar diletakkan pada bagian paling atas bangunan. Proses pembongkaran membutuhkan alat tambahan yang diletakkan di ujungnya dan dapat diganti-ganti (*excavator attachments*) seperti crusher, pneumatic hammer, hydraulic shear, dan grapple.

1.3. Metode mekanikal

Menggunakan alat mesin pusher arm, wire rope, hydraulic crusher dan sebagainya. Alat dilengkapi dengan lengan ayun yang panjang sebagai pendorong untuk menghancurkan struktur bangunan secara horizontal. Beberapa metode mekanika seperti di bawah ini:

Metode wire rope pulling: Metode pembongkaran dengan menarik kawat baja. Alat dilengkapi dengan perangkat derek mekanik dan kawat baja untuk merobohkan bagian struktur bangunan. Menggunakan mobile crane dilengkapi dengan alat *clam shell* untuk meremukkan struktur bangunan. Metode ini cocok untuk menghancurkan bangunan yang sudah rusak, tidak digunakan lagi. Menurut (Wafiq & Adi, 2016) metode ini cocok digunakan untuk bangunan dengan ruang yang cukup luas untuk mengayunkan bola baja yang melekat. Metode ini tidak cocok untuk bangunan berstruktur masif. Karena prosedurnya cukup sulit membuat metode ini

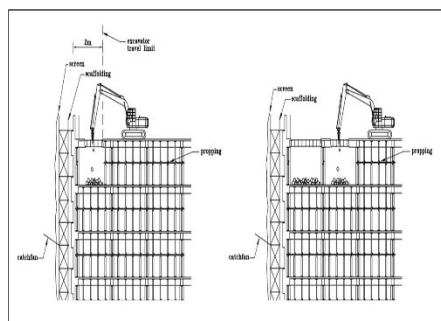
tidak aman untuk diterapkan. Metode ini direkomendasikan untuk kontraktor yang sudah berpengalaman dan dalam pengawasan yang ketat.

Metode high pressure water jetting: Memanfaatkan air yang dialirkan melalui pompa dengan tekanan yang sangat tinggi. Setelah bangunan terkelupas maka mesin pemotong dibutuhkan untuk memotong tulangnya. Perbedaan dari ke tiga metode dilihat pada Tabel 2:

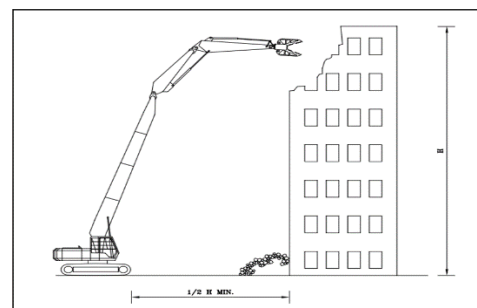
Tabel 1. Perbedaan Karakteristik Metode Pembongkaran

Metode Kriteria	Top Down Manual	Top Down Dengan Mesin	Mekanikal
Prinsip Dasar Pembongkaran	Menghancurkan struktur bangunan menggunakan <i>jack hammer</i> atau <i>pneumatic hammer</i>	Menghancurkan elemen struktur bangunan menggunakan alat berat seperti <i>excavator</i> , <i>percussive breaker</i> atau <i>hydraulic crusher</i>	Menghancurkan elemen struktur bangunan dengan beberapa alat berat
Penerapan pada bagian elemen struktur	kolom, balok, <i>slab</i> , dinding, pondasi	kolom, balok, <i>Slab</i> , dinding, pondasi	kolom, balok, dinding
Pengoperasian peralatan dari metode pembongkaran	Pembongkaran dimulai dari lantai paling atas ke paling dasar	Pembongkaran dimulai dari lantai paling atas sampai pada bagian bangunan paling dasar dengan catatan lantai bangunan harus dapat menahan beban berat dari peralatan tersebut	Pembongkaran dilakukan dari arah luar bangunan dengan catatan memperhatikan arah pembongkaran serta adanya fungsi kontrol
Catatan lainnya	Sangat efektif diterapkan pada ruang yang terbatas	Pengaturan perpindahan alat berat harus tertata dengan baik, cocok digunakan pada proyek dengan bangunan yang lebar dan luas	Kurang efektif digunakan pada struktur bawah tanah

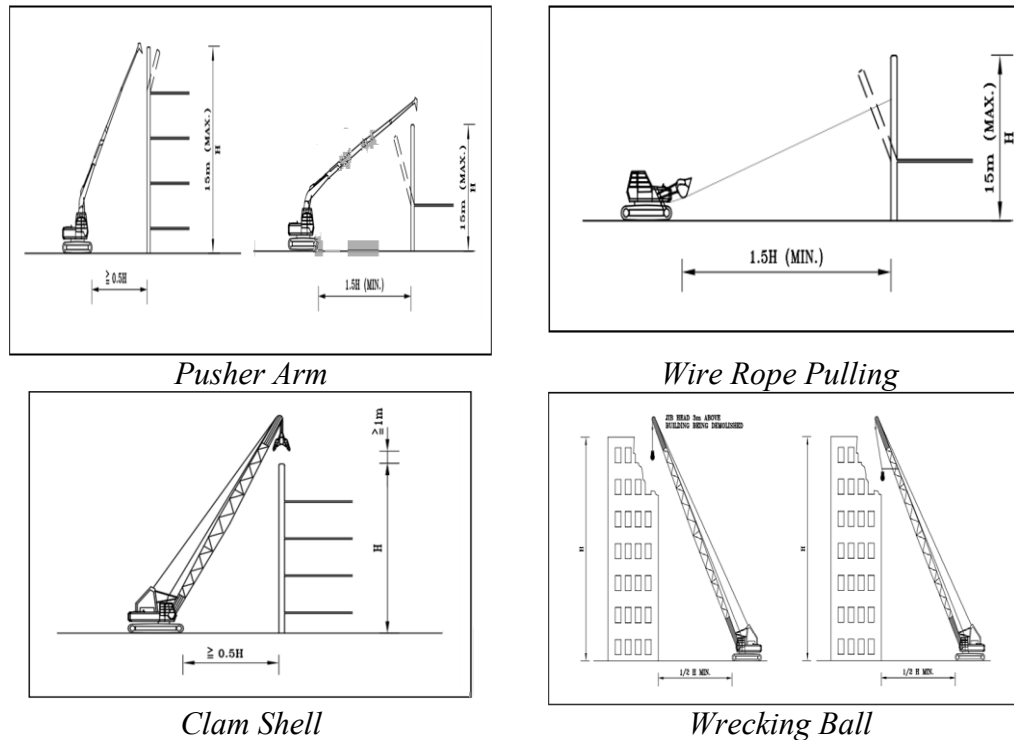
Sumber: *Code of Practice of Demolition Building, 2004*



Top Down dengan Mesin



Hydraulic Crusher with Long Boom Arm



Gambar 2. Metode Pembongkaran Gedung

1.4. Bahan peledak

Metode ini memanfaatkan beban sendiri bangunan untuk meruntuhkan keseluruhan bangunan. Dengan menggunakan bahan peledak ataupun bahan kimia, dilakukan pengurangan kekuatan pada struktur utama bangunan di bagian bawah sehingga menjatuhkan bagian atas bangunan. Penggunaan bahan peledak harus mendapat ijin dan akan menimbulkan getaran dan kebisingan.

Melihat penting dan masih langkanya penelitian tentang pembongkaran gedung maka penulis tertarik membahas penelitian yang fokus pada metode pemilihan pembongkaran gedung. Objek penelitian dilakukan terhadap gedung International Financial Centre 1 (IFC 1) berlantai 20, di Jakarta.

2. METODE

2.1. Kriteria dan sub kriteria

Daftar alternatif metode pembongkaran, kriteria, sub kriteria disusun berdasarkan sumber literatur, pengalaman, dan wawancara dengan orang yang sudah berpengalaman pada pekerjaan pembongkaran gedung. Ada 4 kriteria yang terpilih meliputi: lokasi, struktur material, peralatan pembongkaran dan polusi yang dihasilkan. Masing-masing terdiri dari sub kriteria. Kriteria lokasi: bangunan terletak pada pusat aktivitas masyarakat (L1), bangunan terdiri atas 20 lantai dan 1 basement (L2), terletak pada jalan protokol (L3); 2) struktur material: Elemen yang dihancurkan adalah balok, kolom tiang, slab dan baja (S1), Material yang dapat diselamatkan (S2), Material yang didaur ulang (S3). peralatan pembongkaran: Ketersediaan peralatan di Jakarta atau di Indonesia (P1), kemudahan akses peralatan ke lokasi (P2) dan Ketersediaan pendukung peralatan (jalur miring, mesin pengangkat peralatan) (P3); 4) tingkat kebisingan (D1). Debu yang dihasilkan (D2) dan getaran yang dihasilkan (D3).

2.2. Pengambilan Pakar

Ada 4 pakar yang sudah berpengalaman dijadikan sebagai responden, Pengambilan 4 pakar mengingat sedikitnya jumlah pakar yang tersedia dan mereka dianggap sudah mewakili

responden. Penyebaran data kuesioner dilakukan secara tatap muka untuk lebih memahami cara pengisian pertanyaan.

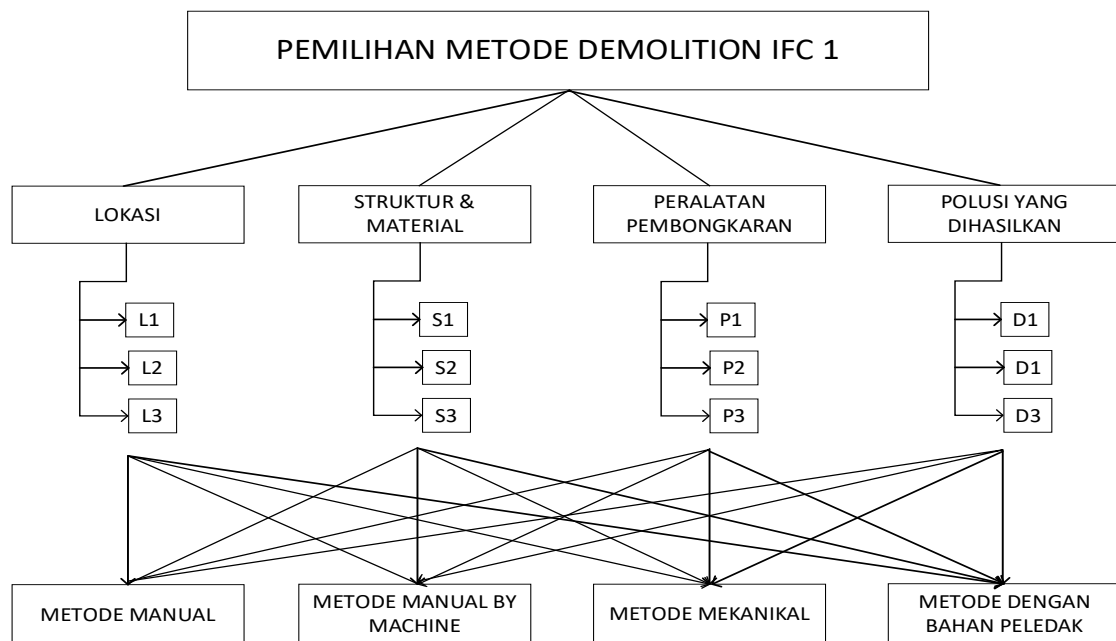
2.2. Teknik Pengolahan Data

Tabel 3 menjelaskan penentuan skala menurut persepsi pakar. Pertanyaan berdasarkan pemahaman untuk mana yang lebih penting yang diberi 9 skala saaty dari skala 1 sampai dengan 9.

Tabel 3. Skala pemilihan perbandingan berpasangan

Kriteria A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Kriteria B
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	------------

Metode *analytical hierarchy process (AHP)* dilakukan dengan perbandingan secara berpasangan, menghitung faktor pembobot dan melakukan analisis untuk menghasilkan prioritas relatif di antara alternatif yang ada. *Analytical hierarchy process* dianggap sebagai metode sederhana dan fleksibel yang menampung kreativitas untuk memecahkan suatu masalah. Gambar 2 menjelaskan hirarki pemilihan metode pembongkaran gedung.



Gambar 3. Model Hirarki Pemilihan Metode Pembongkaran

Dalam sebuah hirarki struktur, tujuan terlihat pada bagian atas.

$$A = \begin{vmatrix} w_1 / w_1 & \dots & w_1 / w_n \\ \dots & \dots & \dots \\ w_n / w_1 & \dots & w_n / w_n \end{vmatrix} \quad (1)$$

dimana

w_i/w_j = faktor 1 relatif penting dibandingkan dengan faktor j dan

n = jumlah dari faktor yang ditetapkan.

N = faktor-faktor yang relatif lebih penting

Dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2

$$A.W = \lambda_{maks} .W \quad (2)$$

Dimana:

$W = (w_1 \dots w_n)^T$ = vektor yang relatif berat,

λ_{maks} = eigen value yang terbesar dari matriks

A = Jika ada keputusan yang tidak konsisten, λ_{maks} akan sama untuk n.

AHP membutuhkan sebuah rasio konsistensi (CR) yang di dapat dari persamaan 2. Nilai CR lebih baik < 0,1. Jika nilai CR>0,1, maka hasil perbandingan perlu dievaluasi Kembali dengan melakukan pengisian ulang terhadap pertanyaan.

Menghitung CI

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Menghitung CR

$$CR = \frac{CI}{RI} < 0,10 \quad (4)$$

RI = Random indeks konsistensi dari saaty

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. HASIL

Tabel 4 menjelaskan hasil gabungan pendapat ke 4 pakar dalam menentukan penilaian kriteria, sub kruteria dan alternatif metode pembongkaran. Penilaian ke 4 pakar menggunakan rata-rata geometrik. Jumlah bobot komulatif kriteria adalah 1.

Tabel 4. Prioritas Global (*Global Priority*)

Tujuan	Kriteria	Bobot	Sub Kriteria	Bobot	Alternatif	Bobot	
Memilih metode pembongkaran IFC 1	Lokasi	0,3909	L1	0,4337	Manual	0,17642	
					Manual dengan Mesin	0,43112	
					Mekanikal	0,22504	
					Bahan Peledak	0,16741	
			L2	0,2379	Manual	0,25429	
					Manual dengan Mesin	0,34181	
		L3	0,2385	Mekanikal	0,19686		
				Bahan Peledak	0,20705		
				Manual	0,17566		
		Struktur & material	0,1877	S1	0,2920	Manual dengan Mesin	0,41077
						Mekanikal	0,22557
						Bahan Peledak	0,16999
	S2			0,2572	Manual	0,19613	
					Manual dengan Mesin	0,41198	
					Mekanikal	0,21388	
S3	0,4508	Manual	0,19719				

				Manual dengan Mesin	0,32658
				Mekanikal	0,26588
				Bahan Peledak	0,21035
				Manual	0,21227
		P1	0,3096	Manual dengan Mesin	0,35156
				Mekanikal	0,23838
				Bahan Peledak	0,19779
				Manual	0,19134
Peralatan pembongkaran	0,2281	P2	0,3222	Manual dengan Mesin	0,33105
				Mekanikal	0,27023
				Bahan Peledak	0,20737
				Manual	0,16904
		P3	0,3682	Manual dengan Mesin	0,21985
				Mekanikal	0,21933
				Bahan Peledak	0,39178
				Manual	0,20929
		D1	0,3458	Manual dengan Mesin	0,27492
				Mekanikal	0,32347
				Bahan Peledak	0,19233
				Manual	0,36172
Polusi yang dihasilkan	0,1933	D2	0,3671	Manual dengan Mesin	0,20539
				Mekanikal	0,2533
				Bahan Peledak	0,17959
				Manual	0,20308
		D3	0,2871	Manual dengan Mesin	0,39527
				Mekanikal	0,22393
				Bahan Peledak	0,17771

Tabel 5 menjelaskan bahwa metode pembongkaran gedung yang paling baik dengan bobot tertinggi ke terendah. Metode terbaik dalam pembongkaran menggunakan metode manual dengan mesin dengan bobot sebesar 0.3435 disusul oleh metode mekanikal di peringkat ke 2

Tabel 5. Ranking Alternatif Metode Pembongkaran

No	Alternatif	Bobot	Peringkat
1	Metode Manual	0.2117	3
2	Metode Manual dengan Mesin	0.3435	1
3	Metode Mekanikal	0.2397	2
4	Metode Dengan Bahan Peledak	0.2052	4

Sumber: olahan data

3.2. DISKUSI

Kriteria Lokasi (0,3909) merupakan pertimbangan utama dalam pemilihan metode pembongkaran. Pembongkaran gedung yang di sekitarnya banyak terdapat bangunan harus menjadi perhatian utama. Jika jarak bangunan yang dirobohkan sangat dekat dengan bangunan sekitarnya maka prosesnya cenderung berisiko. Lebih jauh bahwa tingginya bangunan yang akan

dirobohkan dapat menambah masalah misalnya jatuhnya elemen bagian bangunan dapat menimpa bangunan sekitarnya karena jarak antara bangunan yang dirobohkan dan bangunan sekitar sangat dekat. Tinggi bangunan apakah super tinggi, pencakar langit, bertingkat tinggi, sedang dan rendah sangat berpengaruh terhadap metode pemilihan.

Lokasi bangunan dilihat juga dari sisi tingkat kepadatannya apakah padat, sedang dan renggang. Oleh karena itu dalam perencanaan bangunan bertingkat jarak dengan bangunan terdekat disyaratkan minimal 4 m dan jaraknya akan bertambah 0.5 meter untuk setiap pertambahan lantai bangunan. Kecelakaan tertinggi dalam pekerjaan perobohan bangunan disebabkan oleh runtuhnya bangunan (Ertas & Sayil Erdoğan, 2017). Pemenuhan rencana tata bangunan dan lingkungan (RTB) dan rencana detil tata ruang (RDTR) merupakan hal penting dalam pembangunan gedung. Hal ini untuk mempermudah pembongkaran pada masa mendatang.

Berdasarkan sub kriteria diperoleh bobot sub kriteria tertinggi adalah material yang didaur ulang (0,4508). Limbah bangunan yang dihasilkan dari perobohan banyak yang dapat didaur ulang menjadi produk bermanfaat lainnya. 70% dari limbah bongkaran bangunan dapat didaur ulang (Weimann et al., 2003), limbah bongkaran dari beton yang disaring dan dipecah dapat dijadikan sebagai bahan agregat halus dan kasar pada campuran beton. Banyaknya material bongkaran bergantung pada luas dan tinggi bangunan. Pengangkutan material bongkaran dan penempatannya menjadi hal penting diperhatikan karena terkait dengan transportasi

Metode manual dengan mesin mempunyai produktivitas tinggi dan memiliki dampak kecil akan terjadinya kecelakaan kerja. Pada pekerjaan perobohan bangunan, kecelakaan kerja sangat kecil terjadi apabila menggunakan mesin (Ertas & Sayil Erdoğan, 2017). Lebih jauh penggunaan mesin membuat penghancuran struktur lebih cepat (Zahir, 2015), Kebisingan yang dihasilkan dengan manual dan mesin masih relatif lebih rendah dari metode mekanik dan peledakan. Selain itu metode manual menghasilkan bagian elemen bangunan yang masih dapat digunakan kembali (Vimal et al., 2013). Namun metode ini cocok diterapkan untuk bangunan berlantai 20 seperti ditanyakan pada pakar.

Penyiapan alat pelindung diri dan alat pengaman kerja harus mendapat perhatian saat pelaksanaan pembongkaran untuk mencegah terjadinya kecelakaan kerja. Rambu-rambu keselamatan kerja dan lalu lintas disiapkan. Pencegahan pencemaran lingkungan yang dilakukan meliputi pengendalian pembuangan limbah, pencegahan polusi udara dan suara serta pelestarian lingkungan kerja.

4. KESIMPULAN

Pemilihan metode pembongkaran gedung dengan kombinasi manual dan mesin dapat mengurangi dampak negatif berupa berkurangnya polusi kebisingan dan debu yang terjadi. Selain itu metode ini dapat mengurangi peluang terjadinya kecelakaan kerja dan meminimalkan tingkat keparahan kecelakaan kerja. Penghancuran material bangunan semakin cepat dan halus sehingga dapat menjadi bahan timbunan. Selain itu pembongkaran dengan manual dikombinasikan dengan mesin lebih ramah terhadap lingkungan. Jumlah lantai bangunan adalah 20 lantai, sehingga perlu mengetahui metode yang tepat di luar jumlah lantai 20.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih atas bantuan rekan-rekan pakar pembongkaran gedung dan Universitas Tama Jagakarsa yang telah memberikan motivasi sehingga tulisan ini dapat selesai.

DAFTAR PUSTAKA

Bansal, S., & Singh, S. K. (2015). Sustainable Handling of Construction and Demolition (C & D) Waste. *International Journal of Sustainable Energy and Environmental Research*, 4(2), 22–48. <https://doi.org/10.18488/journal.13/2015.4.2/13.2.22.48>

- Department, B. (2004). *Code of Practice For Demolitions Buildings* (Vol. 148).
- Ertas, H., & Sayil Erdoğan, A. (2017). An Analysis of Occupational Accidents in Demolition Work. *Civil Engineering and Architecture*, 5(2), 37–51. <https://doi.org/10.13189/cea.2017.050201>
- Gokul, V., Thamilarasu, V., & S, J. R. (2016). A study Adverse Effects In The Existing Demolition Technology Deriving Modified Technology to Maximizethe Reuse. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 5(2), 2393–2396. <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2016.0502157>
- Liu, C., Lyle, B., & Langston, C. (2012). Estimating Demolition Costs for Single Residential Buildings. *Construction Economics and Building*, 3(2), 33–42. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v3i2.2917>
- Lubis, M. F. A. (2013). *Aplikasi Metode Ahp Untuk Pemilihan Penyedia Barang / Jasa Konstruksi Pada Proyek Dukungan Kawasan Industri Sei Mangke*.
- Rathi, S. O., & Khandve, P. V. (2014). Demolition of Buildings An Overview. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, 1(06), 1–8. <https://doi.org/10.21090/ijaerd.010643>
- Permen PUPR No 18 tahun 2021 tentang Standa Pembongkaran Gedung, 1 (2021). <https://jdih.pu.go.id/detail-dokumen/2882/1>
- Ricky, R., & Mardiaman. (2020). Analisis Kriteria Pemilihan Pemenang Tender Kontaktor Konstruksi di DKI Jakarta. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Teuku Umar*, 6(2), 85–100. <http://180.250.41.45/jtsipil/article/viewFile/2751/1757>
- Sharma, A., & Batra, R. K. (2016). (*Ahp*) in the Selection of Contractors / Consultants. 1, 128–134.
- Vimal, A., Mary, A., Vasudev, R., & Paul, A. (2013). *Open Access Reuse of demolition waste for construction - A state of technology review American Journal of Engineering Research (AJER)*. 39–42.
- Wafiq, L., & Adi, T. J. W. (2016). Model Alat Bantu Pengambilan Keputusan Metode Demolisi Pada Proyek Konstruksi. *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XXV*, 1–8.
- Weimann, K., Giese, L. B., Mellmann, G., & Simon, F. G. (2003). Building materials from waste. *Materials Transactions*, 44(7), 1255–1258. <https://doi.org/10.2320/matertrans.44.1255>
- Work Australia, S. (2016). *Model Code of Practice Demolition Work* (Issue February). <https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/documents/1705/mcop-demolition-work-v4.pdf>
- Zahir, S. (2015). Approaches and Associated Costs of Building Demolition and Deconstruction. *Michigan State University Dissertation*, 1(1), 1–151.