

BAB III METODOLOGI

3.1 Lokasi

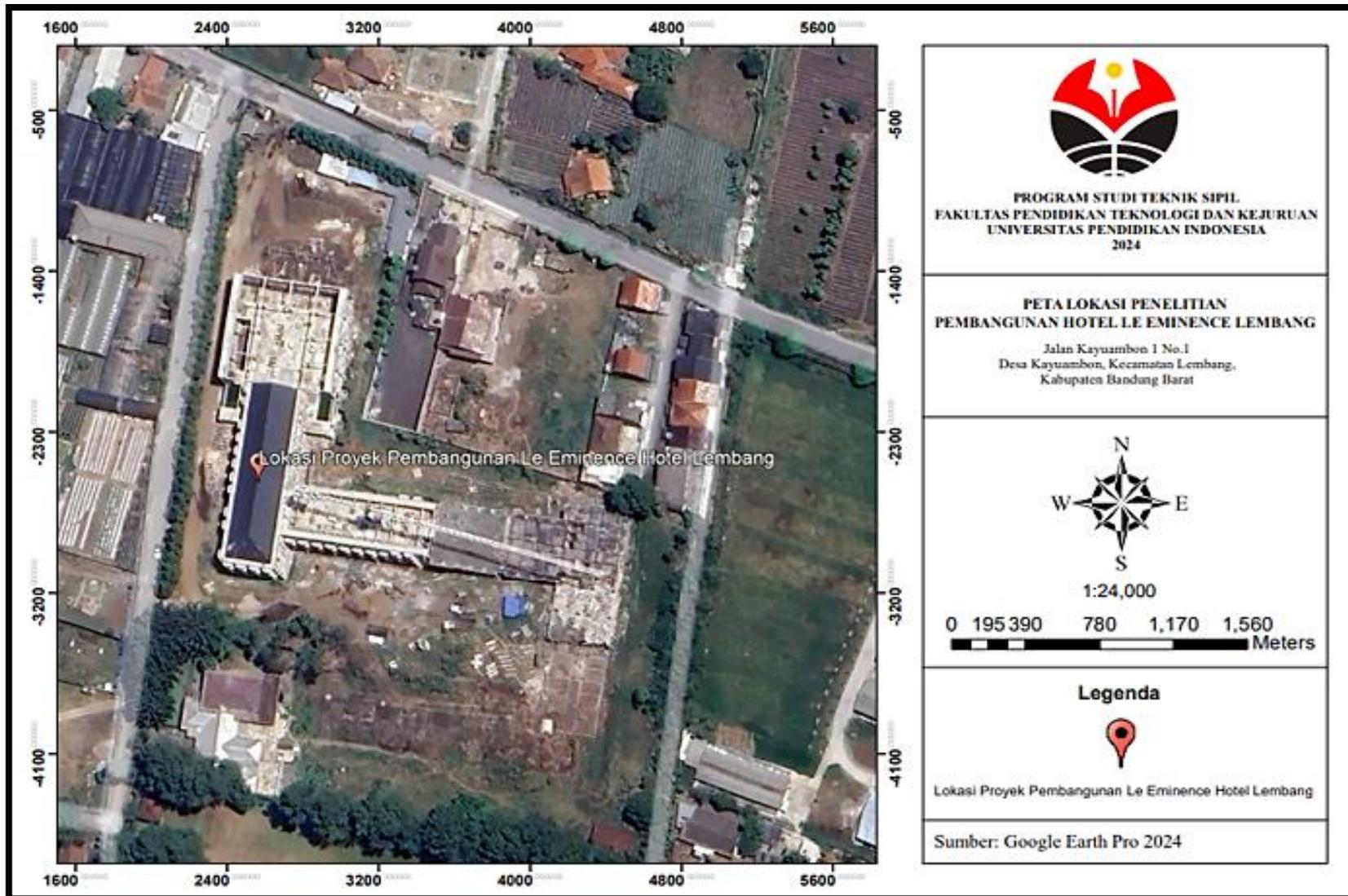
Lokasi penelitian berada di lahan dan bangunan Jalan Kayuambon 1 No.1, Desa Kayuambon, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat, pada pembangunan Rumah Villa, Kondotel dan Golf Club House PT. Karnia Parahyangan Sejahtera, Le'Eminence Hotel Lembang. Secara geografis lokasi rencana usaha dan/atau kegiatan berada pada rentang koordinat:

Tabel 6. Batas-Batas Koordinat Lokasi

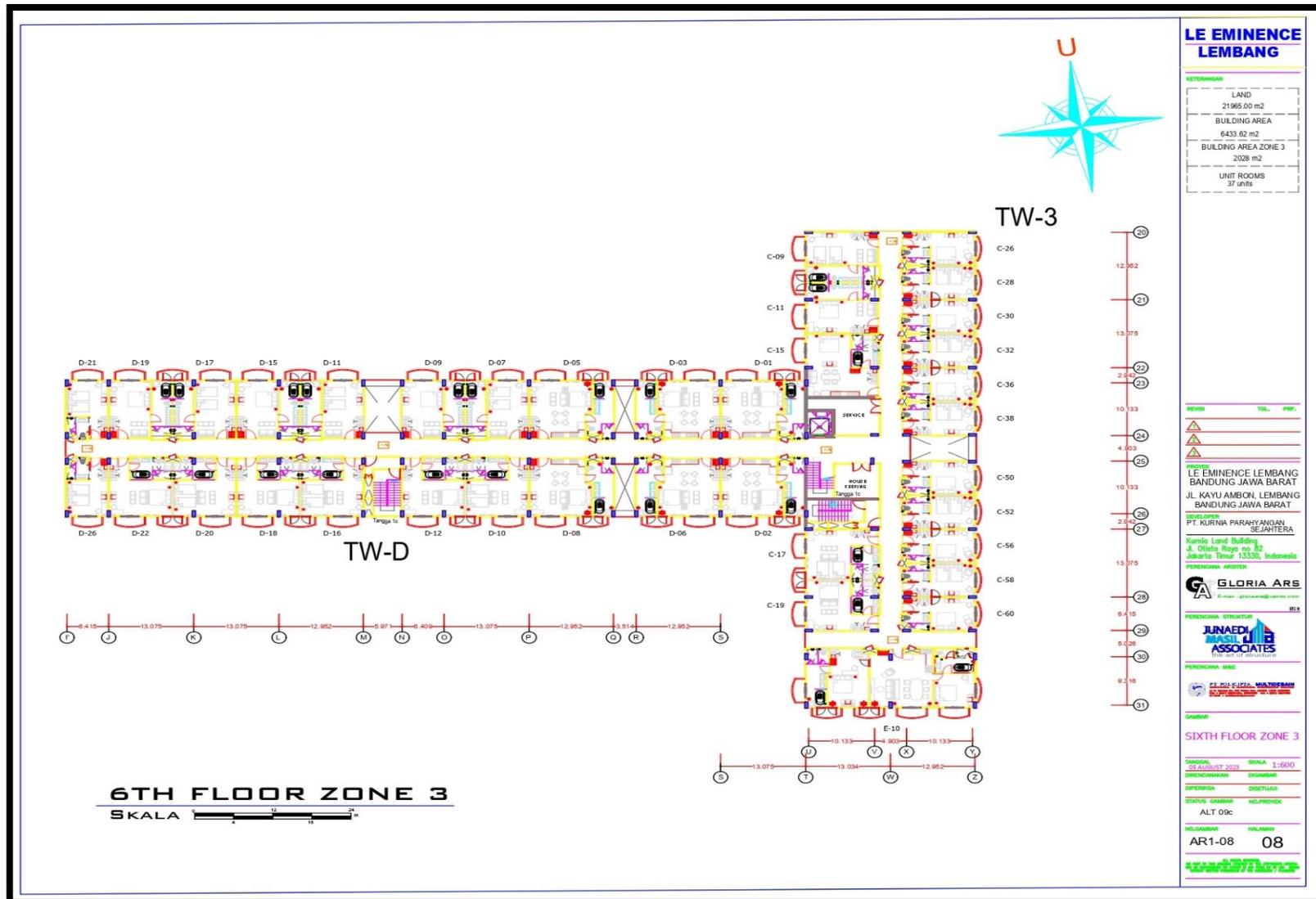
Titik	LS	BT
1	06°49'11,68"	107°37'40,03"
2	06°49'12,45"	107°37'41,76"
3	06°49'14,84"	107°37'41,24"
4	06°49'15,81"	107°37'44,37"
5	06°49'19,42"	107°37'43,93"
6	06°49'18,18"	107°37'39,07"

Sumber: PT. Karunia Karya Parahyangan

Pembangunan Hotel Le Eminence ini direncanakan dibangun 6 lantai + 1 basement, serta terbagi menjadi 3 zona. Proyek Pembangunan Hotel Le Eminence lembang memiliki luas lahan sebesar 21.970 m² dan luas bangunan sebesar 6.433,62 m². Selama masa penelitian yaitu tanggal 20 Maret 2024 sampai 20 April 2024 di Proyek Pembangunan Hotel Le Eminence Lembang sedang dilakukan pembangunan struktur atas lantai 6 zona 3 dengan luas bangunan 2.028 m². Denah lantai 6 zona 3 dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 12. Lokasi Penelitian
Sumber: Google Earth Pro, 2024



Gambar 13. Denah Lantai 6 Zona 3
 Sumber: PT. Karunia Karya Sejahtera, 2024

3.2 Waktu

Penelitian ini dilaksanakan selama 7 bulan dari bulan Februari sampai dengan Agustus tahun 2024. Proses penelitian dibagi menjadi 3 proses yakni Pra penelitian dengan kegiatan penentuan judul dan topik penelitian, studi pustaka, pembuatan proposal penelitian dan seminar proposal / seminar ke-1, dilanjutkan dengan proses kedua yakni penelitian yang terdiri atas pelaksanaan survey lokasi penelitian, pengumpulan data penelitian, analisis dan pengolahan data, penyusunan laporan penelitian, seminar hasil/ seminar ke-2, sidang, Penyusunan publikasi. Setelah data-data terhimpun dan dianalisis lalu dilanjutkan pada tahap proses ketiga yakni pasca penelitian. Pasca penelitian ini terdiri atas kegiatan, revisi hasil, lalu publikasi dan penyerahan hasil dari penelitian. Waktu penelitian terlampir pada Tabel 7.

Tabel 7. Waktu Penelitian

No	Kegiatan	Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus											
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
1	Pra Penelitian																																				
	Menentukan Judul dan Topik Penelitian	■																																			
	Studi Pustaka	■																																			
	Pembuatan Proposal Penelitian	■																																			
	Seminar Proposal (Seminar ke-1)					■																															
2	Penelitian																																				
	Survey Lokasi Penelitian					■																															
	Pengumpulan Data Penelitian									■																											
	Analisis dan Pengolahan Data													■																							
	Penyusunan Laporan Penelitian																	■																			
	Seminar Hasil (Seminar Ke-2)																					■															
	Sidang																									■											
	Penyusunan Publikasi																													■							
3	Pasca Penelitian																																				
	Revisi Hasil																																	■			
	Publikasi dan Penyerahan Hasil																																	■			

Keterangan:

■	Proses Penelitian
■	Seminar/Sidang
■	Publikasi dan Penyerahan Hasil

3.3 Metode

Jenis Penelitian yang digunakan adalah Penelitian Deskriptif. Penelitian deskriptif bertujuan untuk menyajikan gambaran secara lengkap dan sistematis pada suatu fenomena atau keadaan sosial dengan mendeskripsikan beberapa variabel yang berkaitan pada masalah yang akan diteliti. Penelitian ini memperoleh informasi mengenai pengelolaan limbah konstruksi pekerjaan struktur yang berkelanjutan pada proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang yang didasarkan pada data lapangan. Pendekatan Kuantitatif yakni dengan mengukur keberadaan suatu variabel dengan menggunakan instrumen penelitian. Data yang diperoleh dari penelitian ini adalah data berupa angka hasil kuesioner dan wawancara yang dapat mengidentifikasi kondisi eksisting, faktor-faktor penyebab terjadinya timbulan limbah dan penanganan limbah konstruksi pekerjaan struktur untuk mewujudkan pembangunan berkelanjutan dan *green building*.

Dalam penelitian ini dilakukannya Uji Validitas yang mengacu pada sejauh mana kuesioner tersebut dapat mengukur apa yang seharusnya diukur, sedangkan Uji Reliabilitas mengacu pada sejauh mana kuesioner tersebut dapat menghasilkan hasil yang konsisten ketika diujikan kepada responden yang sama (Priyatno, 2008). Penelitian ini menggunakan Uji Validitas Korelasi *Bivariate Pearson (produk momen pearson)* yaitu dengan cara mengorelasikan masing-masing skor item dengan skor total. Skor total adalah penjumlahan dari keseluruhan item. Item-item pertanyaan yang berkorelasi signifikan dengan skor total menunjukkan item-item tersebut mampu memberikan dukungan dalam mengungkapkan apa yang diungkap. Dan Uji Reliabilitas Metode Alpha (*Cronbach's*) yaitu skor berbentuk skala (Arikunto, 2002). Hasil dari penelitian ini adalah data dari hasil kuesioner limbah konstruksi pekerjaan struktur pada proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang. Setelah dilakukan uji validitas dan uji reliabilitas menggunakan program SPSS, pengelolaan angket dievaluasi untuk menilai efektivitas kegiatan limbah konstruksi pekerjaan struktur proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang.

3.3.1 Uji Validitas

Data yang diuji adalah hasil data sementara kuesioner penelitian kepada 10 responden 21 butir pertanyaan untuk faktor-faktor timbulnya limbah konstruksi pekerjaan struktur pada proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang. Data

diuji dengan menggunakan r tabel 0,632 pada signifikansi 5%. Hasil uji menunjukkan bahwa semua data valid karena instrument atau item-item pertanyaan berkorelasi signifikan terhadap skor total, dimana r hitung $\geq r$ tabel.

Tabel 8. Rtabel Yang Digunakan Untuk Uji Validitas

N	The Level of Significance
	5%
10	0,632

Sumber; (Priyatno, 2008)

Tabel 9. Uji Validitas Faktor-Faktor Penyebab Timbulan Limbah Konstruksi

Kode	N	r_{hitung}	r_{tabel}	Keterangan
Personal				
PD	10	0,975	0,632	Valid
BK	10	0,975	0,632	Valid
PK	10	0,975	0,632	Valid
PM	10	0,975	0,632	Valid
KP	10	0,975	0,632	Valid
PB	10	0,975	0,632	Valid
KS	10	0,975	0,632	Valid
KM	10	0,665	0,632	Valid
MP	10	0,975	0,632	Valid
KT	10	0,975	0,632	Valid
KK	10	0,665	0,632	Valid
KD	10	0,975	0,632	Valid
KI	10	0,975	0,632	Valid
Peralatan				
SP	10	0,665	0,632	Valid
PTB	10	0,975	0,632	Valid
KAK	10	0,975	0,632	Valid
MO	10	0,665	0,632	Valid
LP	10	0,975	0,632	Valid
KPN	10	0,975	0,632	Valid
Pendanaan				
RM	10	0,665	0,632	Valid
TSO	10	0,975	0,632	Valid

Sumber: Hasil Olah Data SPSS, 2024

Hasil uji validitas diatas dapat disimpulkan semua item-item instrumen penelitian dikatakan valid karena $r_{hitung} > r_{tabel}$. Setelah semua item dinyatakan valid. Uji validitas yang memberikan nilai valid memastikan bahwa instrumen pengukuran dapat diandalkan untuk menghasilkan data yang akurat, yang pada gilirannya mendukung kualitas keseluruhan penelitian atau survei. Kemudian langkah selanjutnya dilakukan uji reliabilitas.

3.3.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas dilakukan terhadap data yang sudah lolos uji validitas untuk mengetahui sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya. Hasil uji menunjukkan bahwa data reliabel dalam mengukur karena nilai *Alpha Cronbach* > 0,60.

Tabel 10. Uji Reliabilitas Faktor-Faktor Penyebab Timbulnya Limbah

Konstruksi		
N of Items	Nilai <i>Cronbach's Alpha</i>	Kesimpulan
21	0,910	Valid

Sumber: Hasil Olah Data SPSS,2024

Tabel 11. *Item-Total Statistics* Faktor-Faktor Penyebab Timbulnya Limbah

Konstruksi				
	<i>Scale Mean if Item Deleted</i>	<i>Scale Variance if Item Deleted</i>	<i>Corrected Item-Total Correlation</i>	<i>Cronbach's Alpha if Item Deleted</i>
Personal				
PD	89.0000	65.556	0,970	0,896
BK	89.0000	65.556	0,970	0,896
PK	89.0000	65.556	0,970	0,896
PM	89.0000	65.556	0,970	0,896
KP	89.0000	65.556	0,970	0,896
PB	89.0000	65.556	0,970	0,896
KS	89.0000	65.556	0,970	0,896
KM	89.2000	85.511	-0,705	0,932
MP	89.0000	65.556	0,970	0,896
KT	89.0000	65.556	0,970	0,896
KK	89.2000	85.511	-0,705	0,932
KD	89.0000	65.556	0,970	0,896
KI	89.0000	65.556	0,970	0,896
Peralatan				
SP	89.2000	85.511	-0,705	0,932
PTB	89.0000	65.556	0,970	0,896
KAK	89.0000	65.556	0,970	0,896
MO	89.2000	85.511	-0,705	0,932
LP	89.0000	65.556	0,970	0,896
KPN	89.0000	65.556	0,970	0,896
Pendanaan				
RM	89.2000	85.511	-0,705	0,932
TSO	89.0000	65.556	0,970	0,896

Sumber: Hasil Olah Data SPSS,2024

Berdasarkan tabel di atas, semua variabel menunjukkan nilai yang memenuhi syarat dan dapat dikatakan reliabel, karena nilai *Cronbach's Alpha* $> 0,6$. Setelah dilakukan uji validitas, semua item dinyatakan valid, dan uji reliabilitas untuk semua variabel menunjukkan reliabilitas yang memadai, sehingga kuesioner dapat digunakan lebih lanjut untuk menganalisis faktor-faktor penyebab limbah konstruksi pekerjaan struktur pada proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang sesuai dengan responden yang ditentukan. Penelitian ini dilanjutkan dengan melakukan penyebaran kuesioner melalui *Google Formulir* kepada responden-responden yang sudah ditentukan.

3.3.3 *Principal Component Analysis*

Analisis data ini menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA). PCA adalah untuk mengurangi dimensi kumpulan data yang terdiri dari sejumlah besar variabel yang saling terkait, sambil mempertahankan sebanyak mungkin variasi yang ada dalam kumpulan data (Nawawi, Muttaqin, & Afifuddin, 2021). Metode PCA ini digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya limbah konstruksi pekerjaan struktur proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang, dikarenakan dapat mengidentifikasi faktor utama yang berkontribusi terhadap timbulnya limbah konstruksi dengan mengkonsolidasikan variabel-variabel terkait ke dalam beberapa komponen utama yang paling signifikan. Dengan metode ini dapat mempermudah pemahaman tentang variabel mana yang paling berpengaruh dalam menimbulkan limbah. Kuesioner tersebut di kategorikan dalam faktor personal, faktor peralatan dan faktor pendanaan. Analisis ini menggunakan analisis faktor PCA melalui software *SPSS Statistics 25* dengan 48 responden.

3.3.4 *Analytical Hierarchy Process*

Proses Hirarki Analitik adalah salah satu metode untuk menyusun dan menganalisa keputusan yang kompleks. AHP memiliki struktur yang berhierarki karena kriteria yang dipilih. Setiap subkriteria, validitas responden diperhitungkan agar tetap berada dalam batas toleransi inkonsistensi. AHP dalam penelitian ini digunakan untuk menganalisis penanganan limbah konstruksi pekerjaan struktur berdasarkan pembangunan berkelanjutan dan *green building council Indonesia* proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang, dikarenakan AHP dirancang

untuk membantu dalam pengambilan keputusan multi-kriteria. Dalam konteks ini, AHP memungkinkan untuk memberi bobot pada berbagai kriteria penanganan limbah berdasarkan prinsip pembangunan berkelanjutan dan standar *green building*. Dengan demikian, AHP membantu menentukan prioritas penanganan yang paling efektif berdasarkan bobot kepentingan *relative* dari berbagai kriteria. Kuesioner tersebut di kategorikan dalam faktor personal, faktor peralatan dan faktor pendanaan. Penyebaran kuesioner perbandingan penelitian dalam penanganan limbah konstruksi dilakukan kepada 2 responden yaitu Project Manager dan Safety/K3L.

3.4 Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel

3.4.1 Populasi

Populasi adalah wilayah generalisasi yang terdiri atas: objek / subjek yang mempunyai kuantitas dan karakteristik tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya (Sugiyono, 2018).

Populasi merupakan jumlah keseluruhan dari satuan-satuan atau individu-individu yang dapat berupa orang, institusi serta benda yang karakteristiknya akan diteliti (Jaya, 2020). Populasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang.

3.4.2 Sampel

Sampel adalah bagian dari jumlah dan karakteristik yang dimiliki oleh populasi tersebut. Prosedur pengambilan sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan teknik *purposive sampling*. *Purposive Sampling* termasuk kedalam jenis teknik sampling *non-probability*. (Sugiyono, 2018). *Non-probability sampling* merupakan teknik penarikan sampel yang tidak memberikan peluang atau kesempatan yang sama bagi setiap unsur atau anggota populasi untuk terpilih menjadi sampel. (Sugiyono, 2015).

Adapun teknik pengambilan sampel “Penentuan sumber data pada orang yang diwawancarai dilakukan secara *purposive*, yaitu dipilih dengan pertimbangan dan tujuan tertentu.” (Sugiyono, 2018). Sampel pada penelitian ini berdasarkan data sisa material pekerjaan struktur pada Proyek Pembangunan Hotel Le Eminence Lembang. Teknik pengambilan Sampel pada penelitian ini adalah dengan *purposive sampling* yaitu cara penarikan sampel yang digunakan dengan memilih subjek

berdasarkan kriteria spesifik yang ditetapkan peneliti dengan menggunakan rumus Taro Yamane. Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah 48 sampel pekerja untuk menjawab faktor-faktor penyebab limbah konstruksi sedangkan penanganan limbah konstruksi digunakan 2 sampel.

3.5 Data Primer dan Data Sekunder

Data penelitian terbagi menjadi dua yakni data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diperoleh dari responden melalui kuesioner/wawancara. Data yang diperoleh harus diolah lagi dan sumber secara langsung memberikan data pada pengumpulan data. Sedangkan, data sekunder merupakan data yang didapatkan dari catatan, dokumen maupun buku. Data yang diperoleh dari data sekunder tidak perlu diolah sedemikian rupa. (Jaya, 2020).

Pada penelitian ini data yang digunakan yakni data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan diantaranya hasil observasi, wawancara, kuesioner dan dokumentasi dengan pihak terkait proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang. Data sekunder yang digunakan diantaranya *Detail Engineering Design*, profil Hotel Le Eminence Lembang, dokumen kartu stok barang, serta sumber literasi seperti buku, artikel maupun jurnal. Adapun data yang diperlukan dalam penelitian ini tercantum pada tabel 12.

Tabel 12. Data primer dan Data Sekunder

No	Jenis Data	Sumber Data	Parameter
1	Data Primer	Observasi, Wawancara, Kuesioner, Dokumentasi pembangunan Hotel Le Eminence Lembang	Kota dan Komunitas yang Berkelanjutan (SDG's 11): <i>Prevention, Reduce, Reuse, Recycle, Energy Recovery, Disposal</i> . Manajemen pengelolaan limbah (GBCI): 1. Dasar pengelolaan sampah 2. GP sebagai anggota tim proyek 3. Polusi dari aktivitas konstruksi 4. Pengelolaan sampah tingkat lanjut 5. Sistem komisioni yang baik dan benar 6. Penyerahan data green building 7. Kesepakatan dalam melakukan aktivitas fit out 8. Survey penggunaan gedung

Lanjutan Tabel 12.

No	Jenis Data	Sumber Data	Parameter
2	Data Sekunder	PT. Karunia Karya Sejahtera	1. Detail Engineering Design (DED) 2. Profil Hotel Le Eminence Lembang. 3. Dokumen kartu stok barang

Sumber: Penulis,2024

3.6 Instrumen

Instrumen penelitian merupakan alat yang digunakan untuk mengukur nilai variabel yang diteliti (Sugiyono, 2018). Adapun instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Formulir wawancara, kuesioner dan *google formulir* berupa pertanyaan yang akan ditanyakan kepada informan saat pelaksanaan wawancara dan kuesioner.
2. Formulir observasi tinjauan lapangan yang digunakan untuk menyaring data-data yang bersumber dari proyek.
3. Formulir analisis dokumen yang digunakan untuk menganalisis isi dari dokumen pendukung penelitian.
4. Hasil dokumentasi berupa gambar atau dokumen perusahaan yang diperlukan untuk mengabadikan kondisi secara langsung di lapangan berdasarkan limbah konstruksi yang dihasilkan pekerjaan struktur.



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
 Jalan Dr. Setiabudi Nomor 207 Bandung 40154
 Telepon (022) 2011576 / (022) 2013163-2013164 Pesawat 34001/34006, Fax. (022) 2011576
 Homepage : fptk.upi.edu – Email : fptk@upi.edu

PENGELOLAAN LIMBAH KONSTRUKSI PEKERJAAN STRUKTUR YANG BERKELANJUTAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL LE EMINENCE LEMBANG

LEMBAR WAWANCARA

Tanggal Wawancara : _____
 Pelaku Wawancara : _____

No	Sasaran Wawancara	Hasil Wawancara	Interpretasi Hasil Wawancara
[1]	[2]	[3]	[4]
1	Sisa material besi yang dihasilkan pekerjaan struktur		
2	Sisa material kayu yang dihasilkan pekerjaan struktur		
3	Sisa material beton yang dihasilkan pekerjaan struktur		
4	Metode Pengelolaan Limbah		

Gambar 14. Contoh Lembar Wawancara

Sumber: Penulis, 2024



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA

Jalan Dr. Setiabudhi Nomor 207 Bandung 40154
 Telepon (022) 2011576 / (022) 2013163-2013164 Pesawat 34001/34006, Fax. (022) 2011576
 Homepage : fptk.upi.edu – Email : fptk@upi.edu

PENGELOLAAN LIMBAH KONSTRUKSI PEKERJAAN STRUKTUR YANG BERKELANJUTAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL LE EMINENCE LEMBANG

LEMBAR OBSERVASI

Tanggal Observasi : _____
 Pelaku Observasi : _____

No	Sasaran Observasi	Hasil Observasi	Interpretasi Hasil Observasi
[1]	[2]	[3]	[4]

Gambar 15. Contoh Lembar Observasi

Sumber: Penulis,2024



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
 Jalan Dr. Setiabudi Nomor 207 Bandung 40154
 Telepon (022) 2011576 / (022) 2013163-2013164 Pesawat 34001/34006, Fax. (022) 2011576
 Homepage : fptk.upi.edu – Email : fptk@upi.edu

PENGELOLAAN LIMBAH KONSTRUKSI PEKERJAAN STRUKTUR YANG BERKELANJUTAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL LE EMINENCE LEMBANG

LEMBAR DOKUMEN

Tanggal Pemeriksaan Dokumen :
 Pelaku Pemeriksaan Dokumen :

No	Sasaran Dokumen	Ada	Tidak Ada
[1]	[2]	[3]	[4]
1	<i>Detail Engineering Design</i>		
2	Profil Hotel Le Eminence Lembang		
3	Dokumen Kartu Stok Barang		

Gambar 16. Contoh Lembar Dokumen

Sumber: Penulis, 2024

3.7 Teknik Analisis

Teknik analisis data berfungsi untuk menyimpulkan hasil penelitian. Teknik analisis yang digunakan adalah dengan metode Analisis Deskriptif. Instrumen yang digunakan adalah observasi, kuesioner, wawancara dan penelusuran dokumen. Hasil data observasi, kuesioner dan wawancara merupakan data yang saling mendukung.

3.7.1 Teknik Analisis Kondisi Eksisting dan Kuantitas Limbah Konstruksi

Menjawab rumusan masalah yang pertama mengenai kondisi eksisting limbah konstruksi pekerjaan struktur serta kuantitas timbulan limbah yang dihasilkan pekerjaan struktur pada proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang untuk mewujudkan efisiensi penggunaan material yang optimal. Data yang diperoleh dari lembar observasi, wawancara dan dokumen kartu stok barang dianalisis melalui beberapa tahap dan metode yaitu:

a. Pemilihan Responden Wawancara

Responden yang dipilih untuk melakukan wawancara adalah responden yang memiliki pengetahuan akan material yang digunakan pada bangunan, mengetahui kondisi eksisting limbah konstruksi pekerjaan struktur yang ada dilapangan.

Dari wawancara pembangunan Hotel Le Eminence dipilih 2 responden dengan jabatan, project manager dan operator safety/K3L. Project manager merupakan seseorang yang sudah berpengalaman dalam dunia konstruksi, mengetahui berapa banyak material yang didatangkan dan berapa banyak yang akan menjadi limbah, sedangkan operator K3L berpengalaman dalam menangani material setelah menjadi limbah.

b. Pertanyaan Wawancara

Pertanyaan wawancara disusun oleh penulis dengan melakukan peninjauan lapangan, dan acuan literatur-literatur penunjang lainnya. Pertanyaan-pertanyaan wawancara yang dilakukan terdiri dari beberapa kategori dibawah ini:

- a) Sisa material besi yang dihasilkan pekerjaan struktur
- b) Sisa material kayu, yang dihasilkan pekerjaan struktur
- c) Sisa material beton yang dihasilkan pekerjaan struktur
- d) Pengelolaan Limbah

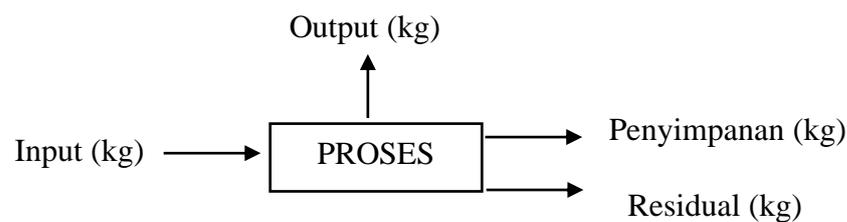
Metode yang digunakan mengadopsi metode penelitian yang dilakukan oleh (Formoso, 2002; Andiani, 2011). Kuantitas timbulan limbah yang diteliti selama masa penelitian tanggal 20 Maret hingga 20 April pada pekerjaan struktur zona 3 lantai 6 adalah limbah selama masa kondisi eksisting pembangunan struktur. Setelah melakukan pengamatan ada 3 jenis material yang paling dominan dalam pembangunan tahap struktur yaitu, besi, kayu dan beton.

a) Besi

Meneliti berapa banyak besi yang menjadi limbah digunakan data sekunder yaitu kartu stok yang ada pada proyek. Pada kartu stok tersebut tercantum berapa banyak besi yang didatangkan.

Proyek melakukan pencatatan terhadap besi yang menjadi limbah, dengan menggunakan data pada proyek pekerjaan yang menggunakan material besi setiap harinya. Lalu dengan menggunakan gambar kerja dapat dihitung berapa banyak material besi yang akan menjadi bagian dari bangunan.

Banyaknya material besi yang menjadi limbah dapat dihitung dengan mengurangi jumlah besi yang didatangkan dikurangi jumlah besi yang menjadi bagian dari bangunan. Limbah tersebut akan dicari persentasenya terhadap jumlah material yang didatangkan dengan menggunakan rumus:



Gambar 17. Sketsa perhitungan persentase limbah besi

Sumber: Analisis Penulis, 2024

$$\text{Limbah}(\%) = \frac{\text{Limbah (kg)}}{\text{Input (kg)} - \text{Penyimpanan (kg)}} \times 100\%$$

Dimana:

Limbah/Residual = Besi yang menjadi limbah (kg)

Input = Penerimaan besi selama masa penelitian (kg)

Penyimpanan = Besi yang masuk ke penyimpanan (kg)

Output = Besi yang terpasang pada bangunan (kg)

Setelah mengetahui persentase dan berapa banyak jumlah material yang menjadi limbah besi. Berikut adalah perhitungan analisis biaya besi menggunakan

Analisis Standar Belanja dan Harga Satuan Pokok Kegiatan Tahun Anggaran 2022 pada Keputusan Wali Kota Bandung:

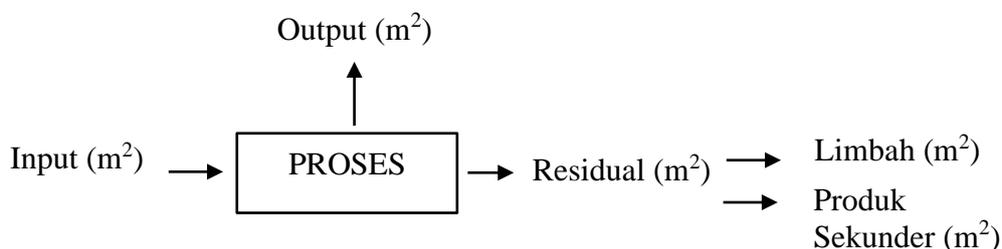
Tabel 13. Analisis Biaya Besi

Kegiatan	Kuantitas	Harga Satuan	Pemasukan	Pengeluaran
1	2	3	4	5
			[2x3]	[2x3]
Pendatangan				
Pembuangan				
Membayar Truk Untuk Mengangkut Menjual Limbah Memberi dengan Cuma-Cuma Digunakan Kembali dalam Proyek				

Sumber: Pengolahan Penulis, 2024

b) Kayu

Penggunaan kayu di proyek adalah sebagai bekisting untuk cetakan pengecoran beton. Metode untuk penghitungan limbah kayu sama dengan metode untuk menghitung limbah besi yaitu dengan menggunakan kartu stok yang ada pada proyek. Pada kartu stok tercantum kuantitas kayu yang didatangkan. Kayu sebagai bekisting dapat digunakan beberapa kali hingga kayu tersebut dianggap rusak dan sudah tidak layak digunakan. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung persentase kayu yang menjadi limbah:



Gambar 18. Sketsa perhitungan persentase limbah kayu

Sumber: Analisis Penulis, 2024

$$\text{Limbah}(\%) = \frac{\text{Limbah (m}^2\text{)}}{\text{Input (m}^2\text{)} - \text{Produk Sekunder (m}^2\text{)}} \times 100\%$$

Dimana:

Limbah/Residual = Kayu yang menjadi limbah (m²)

Input	= Pendatangan kayu selama masa penelitian (m ²)
Output	= Penggunaan kayu selama masa penelitian (m ²)
Penyimpanan	= Kayu yang masuk ke penyimpanan atau layak digunakan kembali (m ²)
Produk Sekunder	= Kayu yang dimanfaatkan (m ²)

Setelah mengetahui persentase dan berapa banyak jumlah material yang menjadi limbah. Berikut adalah perhitungan analisis biaya kayu menggunakan Analisis Standar Belanja dan Harga Satuan Pokok Kegiatan Tahun Anggaran 2022 pada Keputusan Wali Kota Bandung:

Tabel 14. Analisis biaya kayu

Kegiatan	Kuantitas	Harga Satuan	Pemasukan	Pengeluaran
1	2	3	4	5
			[2x3]	[2x3]
Pendatangan				
Pembuangan				
Membayar Truk				
Untuk Mengangkut				
Menjual Limbah				
Memberi dengan				
Cuma-Cuma				
Digunakan Kembali				
dalam Proyek				

Sumber: Pengolahan penulis, 2024

c) Beton

Limbah beton memiliki dua jenis, yang pertama limbah beton sisa cor karena volume yang didatangkan berlebih dan yang kedua adalah limbah beton bobokan karena proses pengecoran yang kurang sempurna.

Meneliti kuantitas limbah beton sisa cor menggunakan data sekunder yaitu data pendatangan beton. Banyaknya volume beton yang tercor dapat dihitung dengan melihat gambar kerja. Lalu untuk mengetahui berapa banyak limbahnya adalah dengan mengurangi volume beton yang didatangkan dengan volume beton yang dicor. Persentase limbah beton sisa cor dihitung dengan menggunakan rumus berikut:



Gambar 19. Sketsa perhitungan persentase limbah beton

Sumber: Analisis Penulis, 2024

$$\text{Limbah}(\%) = \frac{\text{LimbahSisaCor (m}^3\text{)}}{\text{Input (m}^3\text{)}} \times 100\%$$

Dimana:

Limbah = Limbah sisa cor (m³)

Input = Pendetangan beton selama masa penelitian (m³)

Output = Beton yang digunakan pada bangunan (m³)

Setelah mengetahui persentase dan berapa banyak jumlah limbah beton. Berikut adalah perhitungan analisis biaya beton menggunakan Analisis Standar Belanja dan Harga Satuan Pokok Kegiatan Tahun Anggaran 2022 pada Keputusan Wali Kota Bandung:

Tabel 15. Analisis biaya beton

Kegiatan	Kuantitas	Harga Satuan	Pemasukan	Pengeluaran
1	2	3	4	5
			[2x3]	[2x3]
Pendetangan Pembuangan				
Membayar Truk Untuk Mengangkut Menjual Limbah Memberi dengan Cuma-Cuma Digunakan Kembali dalam Proyek				

Sumber: Pengolahan Penulis, 2024

3.7.2 Teknik Analisis Faktor-Faktor Penyebab Timbulnya Limbah Konstruksi

Menjawab rumusan masalah yang kedua mengenai faktor-faktor penyebab terjadinya timbulan sisa material pekerjaan struktur pada proyek pembangunan

Hotel Le Eminence Lembang. Data yang diperoleh dari kuesioner dianalisis melalui beberapa tahap sebagai berikut:

a. Pemilihan Responden Kuesioner

Responden yang dipilih untuk melakukan pengisian kuesioner adalah responden yang memiliki pengetahuan akan material yang digunakan pada bangunan, mengetahui faktor penyebab limbah konstruksi pekerjaan struktur dilapangan yang berpengalaman dalam proyek konstruksi. Kuesioner pembangunan Hotel Le Eminence dipilih 48 responden dengan jabatan project coordination, purchasing, finance, project manager, site manager, safety / K3L, logistic chief, drafter, administrasi, OC / engineering, mekanikal, dan pekerja kasar.

b. Pertanyaan Kuesioner

Pertanyaan kuesioner disusun oleh penulis dengan acuan terhadap literatur-literatur penunjang lainnya. Pengumpulan data kuesioner dilakukan dengan menjumpai langsung tempat keberadaan responden dan memberikan formulir kuesioner melalui Google Formulir. Mengingat banyaknya jumlah variabel pertanyaan kuesioner yang harus dibagi, maka dalam proses pembagian kuesioner dilakukan pendampingan, agar bila terdapat pertanyaan yang sulit dimengerti oleh responden dapat diberikan penjelasan.

3.7.2.1 Metode Pengolahan dan Analisa Data Kuesioner

Data hasil penyebaran kuesioner kemudian ditabulasi dan dianalisis dengan menggunakan Uji Validitas Bivariate dan Uji Reabilitas Metode Alpha (*Cronbach's*) dengan bantuan program SPSS dan metode Penilaian/Skoring untuk mengetahui kegiatan pengelolaannya (Priyatno, 2008). Koefisien korelasi item-total dengan *Bivariate Pearson* dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$r_{ix} = \frac{N \cdot \sum ix - (\sum i) \cdot (\sum x)}{\sqrt{[N \cdot \sum i^2 - (\sum i)^2] \cdot [N \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2]}}$$

Dimana:

r_{ix} = Koefisien korelasi item-total (bivariate pearson)

i = Skor item

x = Skor total

n = Banyaknya subjek

Rumus reliabilitas dengan metode Alpha (*Cronbach's*) adalah: (Arikunto, 2002)

$$r_{11} = \left(\frac{k}{k-1}\right)\left(1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_1^2}\right)$$

Dimana:

r_{11} = Reliabilitas instrumen

k = Banyaknya butir pertanyaan

$\sum \sigma_b^2$ = Jumlah varian butir

σ_1^2 = Varian total

3.7.2.2. Faktor-Faktor Limbah Konstruksi Melalui Metode Principal Component Analysis

1. Melakukan korelasi matrik

Korelasi matrik ini bertujuan untuk memeriksa seluruh indikator yang diambil dari suatu sumber dapat dibentuk menjadi suatu faktor atau tidak, untuk memastikan jumlah sampel yang ditetapkan sudah memadai atau tidak untuk diterapkan PCA, dan untuk menyeleksi sejumlah indikator yang diambil dari suatu sumber dapat muncul di wilayah penelitian atau tidak. Syarat parameter korelasi matrik adalah sebagai berikut:

- a. Bila nilai *Kaiser Meyer Olkin* (KMO) $>0,5$, maka seluruh indikator yang diambil dari suatu sumber dapat dibentuk menjadi suatu faktor. Sebaliknya bila nilai KMO $<0,05$, maka seluruh indikator yang diambil dari suatu sumber tidak dapat dibentuk menjadi suatu faktor.
- b. Bila nilai Sig $<0,05$, maka jumlah sampel yang ditetapkan sebanyak 48 responden sudah memadai untuk diterapkan PCA. Sebaliknya bila nilai Sig $>0,05$, maka jumlah sampel yang ditetapkan sebanyak 48 responden belum memadai untuk diterapkan PCA. Tindak lanjut bila nilai Sig $>0,05$ adalah dengan menggunakan rumus sampel maksimal yaitu 10 dikali jumlah indikator.
- c. Bila indikator mempunyai nilai MSA $>0,5$, maka indikator yang diambil dari suatu sumber muncul di wilayah penelitian. Sebaliknya bila nilai MSA $<0,5$, maka sejumlah indikator yang diambil dari suatu sumber tidak muncul di wilayah penelitian. Tindak lanjut bila sejumlah indikator mempunyai nilai

$MSA < 0,5$ adalah melakukan percobaan selanjutnya dengan mengeluarkan indikator yang mempunyai nilai MSA terkecil.

2. Melakukan ekstraksi faktor

Ekstraksi faktor ini bertujuan untuk mengetahui jumlah faktor yang terbentuk, untuk mengetahui keberadaan faktor dominan, dan untuk mengetahui kontribusi sejumlah faktor yang terbentuk. Syarat parameter ekstraksi faktor adalah sebagai berikut:

- a. Bila nilai *eigen* > 1 berhenti pada kedudukan komponen atau indikator tertentu, maka jumlah faktor yang bisa terbentuk sesuai dengan kedudukan komponen.
- b. Nilai varians tertinggi pada suatu komponen menandakan komponen tersebut adalah faktor dominan.
- c. Nilai kumulatif terakhir menandakan kontribusi sejumlah faktor yang terbentuk yang dinyatakan dalam bentuk persentase.

3. Melakukan rotasi faktor

Rotasi faktor ini bertujuan untuk mendistribusikan sejumlah indikator pada kelompok faktor yang terbentuk. Syarat parameter rotasi faktor adalah indikator yang mempunyai nilai *loading factor* tertinggi pada suatu faktor akan dimasukkan pada faktor tersebut.

3.7.3 Teknik Analisis Penanganan Limbah Konstruksi

Menjawab rumusan masalah yang ketiga mengenai penanganan limbah konstruksi pekerjaan struktur berdasarkan acuan Pembangunan Berkelanjutan dan *Green Building Council Indonesia* pada proyek pembangunan Hotel Le Eminence Lembang. Data yang diperoleh dari kuesioner dianalisis melalui beberapa tahap sebagai berikut:

b. Pemilihan Responden Kuesioner

Responden yang dipilih untuk melakukan pengisian kuesioner adalah responden yang memiliki pengetahuan akan penanganan sisa material yang digunakan pada bangunan dilapangan dan berpengalaman dalam proyek konstruksi. Dari kuesioner pembangunan Hotel Le Eminence dipilih 2 responden (*Expert Judgment*) dengan jabatan project manager dan safety / K3L.

c. Pertanyaan Kuesioner

Pertanyaan kuesioner disusun oleh penulis dengan acuan terhadap pembangunan berkelanjutan dan *green building* dan literatur-literatur penunjang lainnya. Pengumpulan data kuesioner dilakukan dengan menjumpai langsung tempat keberadaan responden dan memberikan formulir kuesioner melalui Google Formulir. Mengingat banyaknya variabel pertanyaan kuesioner yang harus dibagi, maka dalam proses pembagian kuesioner dilakukan pendampingan, agar bila terdapat pertanyaan yang sulit dimengerti oleh responden dapat diberikan penjelasan.

3.7.3.1. Penanganan Limbah Konstruksi Melalui Metode *Analytical Hierarchy Process*

Data yang terkumpul akan diproses menggunakan metode AHP. Metode AHP akan dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu:

1. Membuat Tabel Matriks

Tabel 16. Bentuk matriks perbandingan berpasangan

	Kriteria A	Kriteria B	Kriteria C
Kriteria A	A/A	A/B	A/C
Kriteria B	B/A	B/B	B/C
Kriteria C	C/A	C/B	C/C

Sumber: Hasil Analisis Penulis, 2024

2. Menormalisasi Tabel

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi masing-masing Skala Kepentingan Relatif dengan nilai sum dari kolomnya. Contohnya, masing-masing nilai skala dari kolom Kriteria A dibagi dengan nilai sum dari kolom A. Selanjutnya, masing-masing nilai skala dari kolom B dibagi dengan sum dari kolom B.

3. Menentukan Nilai *Eigen Vector*

Eigen Vector memiliki tujuan untuk menentukan bobot relatif dari aspek atau alternatif yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Menentukan Nilai *Eigen Vector* dengan cara menjumlahkan nilai dari setiap kategori yang sudah dinormalisasikan, setelah itu untuk mendapatkan nilai prioritas dengan cara hasil dari *Eigen Vector* dibagi jumlah butir pertanyaan.

4. Menentukan Nilai *Eigen Value*

Sebagai bagian dari metode pengujian konsistensi, perlu ditetapkan nilai *Eigen Value*. Hal tersebut dilakukan dengan cara mengalikan jumlah nilai Skala Kepentingan Relatif yang belum ternormalisasi dengan nilai prioritas dari baris yang sama. Contohnya, jumlah nilai dari kolom A dikalikan dengan nilai prioritas baris A.

5. Menghitung Konsistensi

Nilai rata-rata dari semua rasio bobot kriteria dengan *Eigen Value* ditetapkan sebagai λ_{max} . Dengan λ_{max} , dapat ditetapkan nilai indeks konsistensi, yang dapat dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$

Dimana:

CI = Indeks Konsistensi

λ_{max} = Rata-rata rasio bobot kriteria dengan *Weighted Sum Value*

n = Jumlah kriteria

Thomas L. Saaty membuat tabel *random index* (RI) untuk tiap nilai matriks, nilainya dipilih sesuai dengan jumlah kriteria, sehingga didapatkan nilai *Rasio Konsistensi* (CR) dengan cara membagi Indeks konsistensi (CI) dengan random index (RI). Tujuan dari perhitungan (CR) dalam metode AHP adalah untuk mengevaluasi dan memastikan tingkan konsistensi dari matriks perbandingan yang digunakan dalam proses pengambilan keputusan. Menentukan apabila data responden konsisten, jika nilai $CR < 0.1$. maka data dianggap valid, dan bobot kriteria dapat digunakan.

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

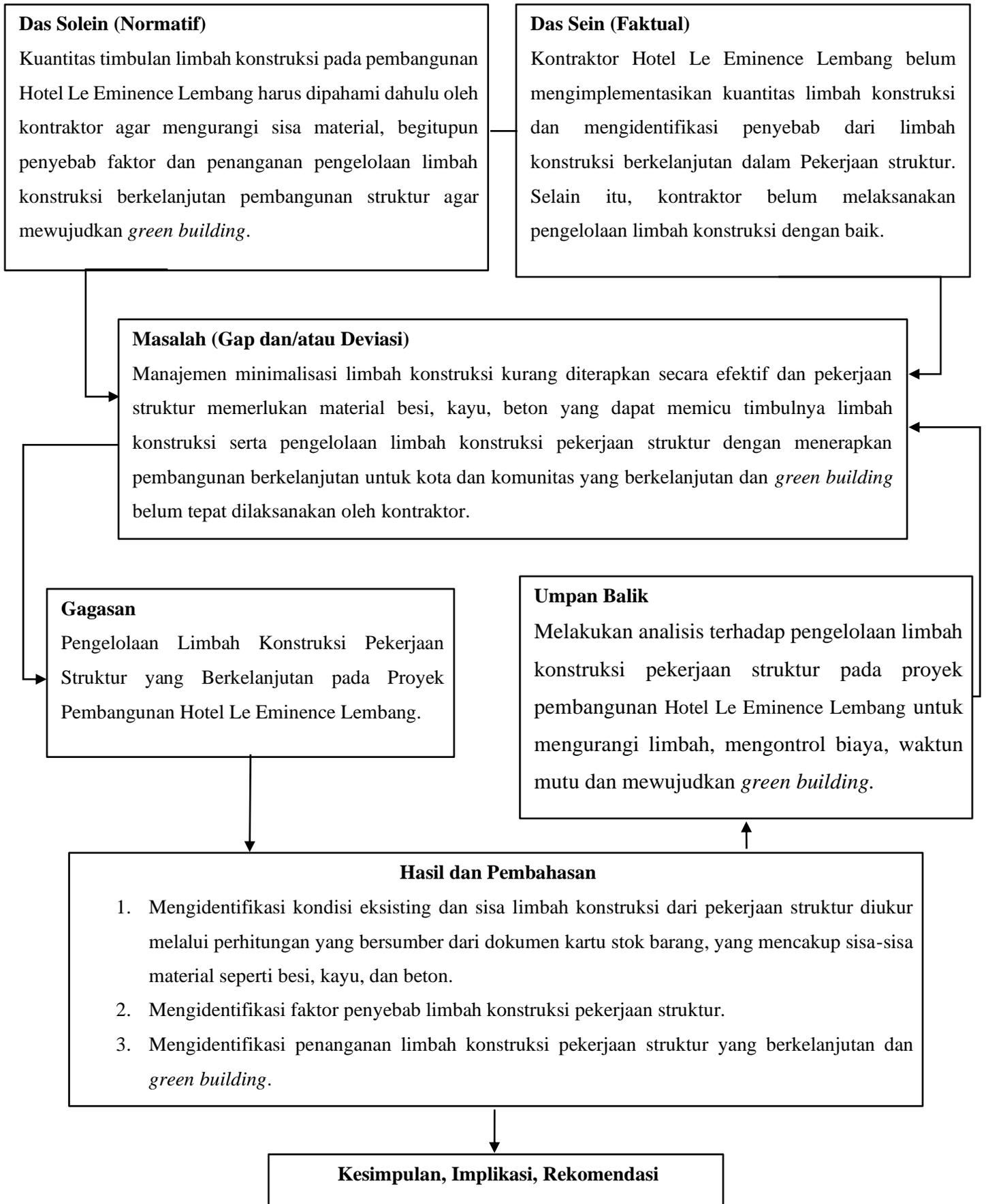
Dimana:

CI = Indeks Konsistensi

CR = Rasio Konsistensi

RI = Random Index

3.8 Kerangka Berpikir



3.9 Diagram Alir

