

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Umum Objek Penelitian

Pada penelitian ini, data diambil melalui penyebaran kuesioner. Kuesioner disebarakan kepada beberapa perusahaan konstruksi yang diklasifikasikan sebagai perusahaan konstruksi besar pada *website* LPJK Kementerian PUPR (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2024). Kuesioner ditujukan kepada individu yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan dalam perusahaan-perusahaan konstruksi tersebut (setingkat manajer dan eksekutif di atasnya).

Sebelum dilakukan pembagian kuesioner, *pilot study* terlebih dahulu dilakukan untuk memastikan kesiapan kuesioner. *Pilot study* dilakukan dengan secara langsung meminta waktu dan kesediaan beberapa responden kuesioner untuk didampingi saat pengisian kuesioner. Bila pada saat pengisian tidak terdapat masalah atau pertanyaan mengenai kejelasan kuesioner, maka kuesioner dapat disebarakan. *Pilot study* dijalankan kepada 2 responden dalam jangka waktu 1 minggu dan hasil dari *pilot study* menunjukkan bahwa tidak ada kesulitan dalam pengisian kuesioner, sehingga kuesioner dapat disebarakan.

Penyebaran dan pengumpulan kembali kuesioner berlangsung mulai dari bulan Mei 2024 hingga bulan Juni 2024. Selama proses penyebaran dan pengumpulan kembali kuesioner, terdapat beberapa kendala yang dialami, sehingga jumlah kuesioner yang disebarakan dan dikumpulkan kembali tidak sama (lihat Tabel 4.1), dan terdapat beberapa kuesioner yang telah dikumpulkan kembali namun tidak dapat digunakan (lihat Tabel 4.2). Kendala yang terjadi antara lain:

1. Responden yang dibutuhkan untuk pengisian kuesioner sedang sibuk dan tidak dapat mengisi kuesioner, sehingga kuesioner tidak dapat dikumpulkan kembali.
2. Perusahaan yang menerima kuesioner tidak bersedia mengisi kuesioner karena alasan-alasan tertentu yang tidak dapat disebutkan.
3. Ketidaksesuaian bidang pekerjaan perusahaan responden, ketidaksesuaian jabatan dan lama pengalaman kerja responden yang kurang dari 3 tahun menyebabkan beberapa kuesioner tidak dapat digunakan untuk penelitian ini.

Tabel 4.1

Daftar Penyebaran dan Pengumpulan Kembali Kuesioner

No	Nama Perusahaan	Jumlah Kuesioner	
		Disebarkan	Kembali
1	PT. Borland Nusantara	3	1
2	PT. Sinar Waringin Adikarya	3	0
3	PT. Waringin Megah Makmur	3	3
4	PT. Nusa Raya Cipta	3	0
5	PT. Bangun Karya Perkasa Jaya	3	0
6	PT. Surya Bangun Persada Indah	2	2
7	PT. Media Cipta Perkasa	3	0
8	PT. Hutan Alam	3	3
9	PT. Anggaza Widya Ridhamulia	4	4
10	PT. Hasta Karya Perdana	3	3
11	PT. Ganesha Jaya	3	3
12	PT. Solobhakti Trading & Contractor	5	5
13	PT. Airlanggatama Nusantarasakti	1	0
14	PT. Prambanan Dwipaka	1	1
15	PT. Harapan Kita Jaya Perkasa	1	0
16	PT. Tatamulia Nusantara Indah	1	0
17	PT. Trisakti Cipta Nusantara	5	0
Total		47	25

Tabel 4.2

Daftar Kuesioner Kembali dan Kendala yang Terjadi

No	Nama Perusahaan	Jumlah Kuesioner	Dapat Digunakan	Kendala
1	PT. Borland Nusantara	1	0	Bidang pekerjaan perusahaan tidak sesuai
2	PT. Waringin Megah Makmur	3	1	Pengalaman kerja 2 responden $\leq$ 3 tahun
3	PT. Surya Bangun Persada Indah	2	2	-
4	PT. Hutan Alam	3	1	1. Pengalaman kerja 1 responden $\leq$ 3 tahun
				2. Jabatan 1 responden tidak sesuai
5	PT. Anggaza Widya Ridhamulia	4	3	Jabatan 1 responden tidak sesuai
6	PT. Hasta Karya Perdana	3	2	Jabatan 1 responden tidak sesuai
7	PT. Ganesha Jaya	3	3	-
8	PT. Solobhakti Trading & Contractor	5	5	-
9	PT. Prambanan Dwipaka	1	1	-

4.2 Data Umum Responden

Dalam kuesioner, responden diminta untuk mengisi beberapa data umum responden, antara lain nama responden, jabatan responden, lama pengalaman kerja responden, perusahaan tempat responden bekerja, dan keputusan terhadap BIM (lihat Lampiran 1). Semua data umum responden (kecuali nama responden, dikarenakan beberapa responden tidak berkenan apabila nama responden dicantumkan) dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3

Data Umum Responden

No	Jabatan	Pengalaman Kerja (tahun)	Perusahaan	Keputusan terhadap BIM
1	QC (Quality Checker)	7	PT. Surya Bangun Persada Indah	Belum menggunakan BIM dan belum tertarik/berencana menggunakan BIM
2	Project Manager Coordinator	27	PT. Surya Bangun Persada Indah	Tertarik, namun belum ada rencana untuk menggunakan BIM
3	Head of Engineering	34	PT. Prambanan Dwipaka	Tertarik, namun belum ada rencana untuk menggunakan BIM
4	CC (Cost Control)	5	PT. Waringin Megah Makmur	Tidak tertarik menggunakan BIM
5	Engineer	6	PT. Hasta Karya Perdana	Tertarik, namun belum ada rencana untuk menggunakan BIM
6	Operational Manager	8	PT. Hasta Karya Perdana	Tertarik dan berencana menggunakan BIM
7	Site Manager	4	PT. Ganesha Jaya	Tertarik dan berencana menggunakan BIM
8	Site Manager	10	PT. Ganesha Jaya	Tertarik, namun belum ada rencana untuk menggunakan BIM
9	Project Manager	10	PT. Ganesha Jaya	Sudah menggunakan BIM
10	CC (Cost Control) Manager	7	PT. Anggaza Widya Ridha Mulia	Tertarik dan berencana menggunakan BIM
11	Engineer	6	PT. Anggaza Widya Ridha Mulia	Sudah menggunakan BIM

Tabel 4.3

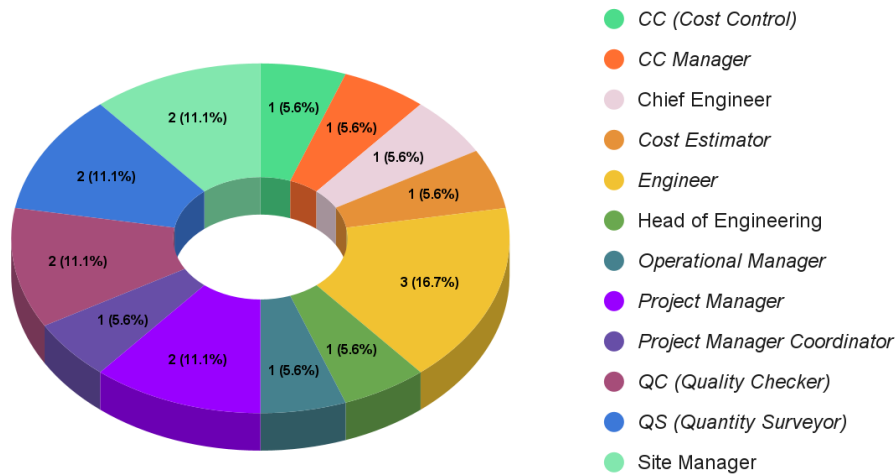
Data Umum Responden (Lanjutan)

No	Jabatan	Pengalaman Kerja (tahun)	Perusahaan	Keputusan terhadap BIM
12	<i>Engineer</i>	4	PT. Anggaza Widya Ridha Mulia	Sudah menggunakan BIM
13	<i>Cost Estimator</i>	13	PT. Hutan Alam	Belum menggunakan BIM dan belum tertarik/berencana menggunakan BIM
14	<i>QS (Quantity Surveyor)</i>	9	PT. Solobhakti Trading & Contractor	Sudah menggunakan BIM
15	<i>Chief Engineer</i>	11	PT. Solobhakti Trading & Contractor	Sudah menggunakan BIM
16	<i>Project Manager</i>	14	PT. Solobhakti Trading & Contractor	Sudah menggunakan BIM
17	<i>QS (Quantity Surveyor)</i>	8	PT. Solobhakti Trading & Contractor	Sudah menggunakan BIM
18	<i>QC (Quality Checker)</i>	7	PT. Solobhakti Trading & Contractor	Sudah menggunakan BIM

4.2.1 Jabatan Responden

Dari 18 responden penelitian, 1 responden memiliki jabatan sebagai *cost control (CC)*, 1 responden sebagai manajer *cost control*, 1 responden sebagai *chief engineer*, 1 responden sebagai *cost estimator*, 3 responden sebagai *engineer*, 1 responden sebagai *head of engineering*, 1 responden sebagai *operational manager*, 2 responden sebagai *project manager*, 1 responden sebagai koordinator *project manager*, 2 responden sebagai *quality checker (QC)*, 2 responden sebagai *quantity surveyor (QS)*, dan 2 responden sebagai *site manager*. Visualisasi jabatan responden dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Jabatan Responden

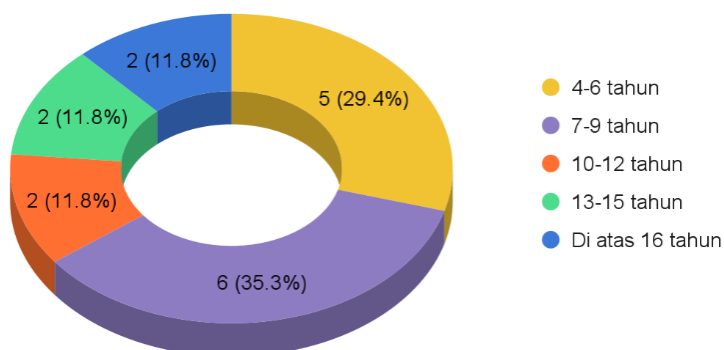


Gambar 4.1 Grafik Persentase Jabatan Responden

4.2.2 Lama Pengalaman Bekerja Responden

Berdasarkan data yang dikumpulkan, dari 18 responden, diketahui bahwa 5 responden memiliki pengalaman kerja selama 4 hingga 6 tahun, 6 responden dengan pengalaman kerja selama 7 hingga 9 tahun, 2 responden memiliki pengalaman kerja selama 10 hingga 12 tahun, 2 responden memiliki pengalaman kerja selama 13 hingga 15 tahun, dan 2 responden memiliki pengalaman kerja di atas 16 tahun. Data-data ini menunjukkan bahwa semua responden memiliki pengalaman kerja yang cukup matang. Visualisasi pengalaman kerja responden dapat dilihat pada Gambar 4.2.

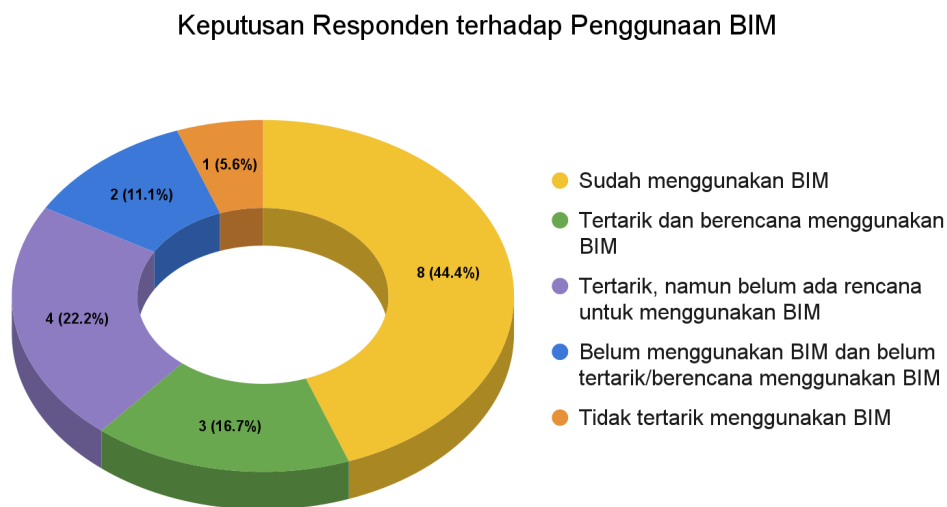
Lama Pengalaman Bekerja Responden



Gambar 4.2 Grafik Persentase Pengalaman Kerja Responden

4.2.3 Keputusan Responden terhadap Penggunaan *Building Information Modeling* (BIM)

Dari 18 responden, 8 responden sudah menggunakan BIM, 3 responden tertarik dan berencana untuk menggunakan BIM, 4 responden tertarik, namun belum ada rencana untuk menggunakan BIM, 2 responden belum menggunakan BIM dan belum tertarik atau berencana menggunakan BIM, dan 1 responden tidak tertarik untuk menggunakan BIM. Hal ini menunjukkan bahwa di kota Surabaya, penggunaan BIM maupun kesadaran terhadap penggunaan BIM sudah cukup tinggi. Visualisasi keputusan responden dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik Persentase Keputusan Responden terhadap Penggunaan BIM

4.3 Perhitungan Bobot Model Menggunakan Metode *Analytical Hierarchy Process*

4.3.1 Perhitungan Bobot Model

Dalam perhitungan bobot model yang melibatkan banyak responden, terutama ketika menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), Saaty & Kearns (1985) memberikan metode *geometric mean* sebagai metode untuk mencari rata-rata dari pendapat-pendapat responden tersebut. Perhitungan *geometric mean* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1. Setelah didapatkan rata-rata dari pendapat responden, maka bobot dapat dihitung dengan kembali mencari *geometric mean* dari setiap baris matriks lalu melakukan normalisasi dengan membagi hasil *geometric mean* dengan jumlah kolom *geometric mean*. Bobot sub-kriteria dari perhitungan matriks harus dikalikan dengan bobot kriteria sehingga didapatkan bobot global dari sub-kriteria tersebut. Hasil perhitungan bobot dari setiap kriteria dan sub-kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.4 hingga Tabel 4.9 serta rekapitulasi bobot pada Tabel 4.10.

Tabel 4.4

Matriks Perhitungan Bobot Kriteria

Kriteria	<i>Human</i>	<i>Management</i>	<i>Technology</i>	<i>Project</i>	<i>External</i>	<i>Geo Mean</i>	Bobot
<i>Human</i>	1,000	1,775	0,315	1,014	1,169	0,921	0,168
<i>Management</i>	0,563	1,000	0,528	1,621	3,877	1,133	0,207
<i>Technology</i>	3,173	1,896	1,000	1,483	3,757	2,019	0,369
<i>Project</i>	0,986	0,617	0,674	1,000	0,882	0,816	0,149
<i>External</i>	0,855	0,258	0,266	1,134	1,000	0,582	0,106
Jumlah						5,471	1,000

Tabel 4.5

Matriks Perhitungan Bobot Sub-Kriteria dalam Kriteria *Human*

<i>Human</i>	PU	PEU	PCS	WM	<i>Geo Mean</i>	B. Lokal	B. Global
PU	1,000	1,781	0,469	0,522	0,813	0,190	0,032
PEU	0,562	1,000	0,454	1,427	0,776	0,182	0,031
PCS	2,131	2,205	1,000	2,240	1,801	0,422	0,071
WM	1,916	0,701	0,446	1,000	0,880	0,206	0,035
Jumlah					4,270	1,000	0,168

Tabel 4.6

Matriks Perhitungan Bobot Sub-Kriteria dalam Kriteria *Management*

<i>Management</i>	OR	PBO	MS	BIC	PR	ES	<i>Geo Mean</i>	B. Lokal	B. Global
OR	1,000	0,409	0,792	0,413	1,210	1,135	0,754	0,114	0,024
PBO	2,446	1,000	2,735	1,542	3,642	2,146	2,078	0,315	0,065
MS	1,263	0,366	1,000	0,538	1,182	2,280	0,935	0,142	0,029
BIC	2,420	0,649	1,859	1,000	1,274	2,438	1,444	0,219	0,045
PR	0,826	0,275	0,846	0,785	1,000	1,595	0,788	0,119	0,025
ES	0,881	0,466	0,439	0,410	0,627	1,000	0,599	0,091	0,019
Jumlah							6,599	1,000	0,207

Tabel 4.7

Matriks Perhitungan Bobot Sub-Kriteria dalam Kriteria *Technology*

<i>Technology</i>	FU	T	A	BC	TQ	I	O	<i>Geo Mean</i>	B. Lokal	B. Global
FU	1,000	3,119	0,628	1,245	0,775	1,948	1,432	1,268	0,163	0,060
T	0,321	1,000	0,367	0,264	0,261	0,415	0,403	0,390	0,050	0,018
A	1,591	2,723	1,000	0,686	0,410	0,354	0,591	0,823	0,106	0,039
BC	0,803	3,782	1,458	1,000	0,433	1,077	1,784	1,205	0,155	0,057
TQ	1,291	3,828	2,438	2,310	1,000	3,401	2,368	2,167	0,278	0,103

Tabel 4.7

Matriks Perhitungan Bobot Sub-Kriteria dalam Kriteria *Technology* (Lanjutan)

<i>Technology</i>	FU	T	A	BC	TQ	I	O	<i>Geo Mean</i>	Bobot	B. Global
I	0,513	2,412	2,826	0,929	0,294	1,000	0,664	0,937	0,120	0,044
O	0,698	2,480	1,691	0,560	0,422	1,506	1,000	1,006	0,129	0,048
Jumlah								7,795	1,000	0,369

Tabel 4.8

Matriks Perhitungan Bobot Sub-Kriteria dalam Kriteria *Project*

<i>Project</i>	PSC	PCR	SI	SA	<i>Geo Mean</i>	B. Lokal	B. Global
PSC	1,000	0,753	1,592	1,693	1,194	0,289	0,043
PCR	1,328	1,000	1,448	1,781	1,360	0,330	0,049
SI	0,628	0,690	1,000	0,880	0,786	0,191	0,028
SA	0,591	0,562	1,136	1,000	0,783	0,190	0,028
Jumlah					4,124	1,000	0,149

Tabel 4.9

Matriks Perhitungan Bobot Sub-Kriteria dalam Kriteria *External*

<i>External</i>	GS	CL	BP	<i>Geo Mean</i>	B. Lokal	B. Global
GS	1,000	1,467	0,498	0,901	0,291	0,031
CL	0,682	1,000	0,718	0,788	0,255	0,027
BP	2,007	1,392	1,000	1,408	0,455	0,048
Jumlah				3,097	1,000	0,106

Tabel 4.10

Rekapitulasi Bobot Model

Kriteria - Sub-Kriteria		Bobot Lokal	Bobot Global
<i>Human</i>		-	0,168
PU	<i>Perceived usefulness</i>	0,190	0,032
PEU	<i>Perceived ease of use</i>	0,182	0,031
PCS	<i>Personal competency & skills</i>	0,422	0,071
WM	<i>Willingness and motivation to use BIM</i>	0,206	0,035
<i>Management</i>		-	0,207
OR	<i>Organizational readiness</i>	0,114	0,024
PBO	<i>Perceived benefits of BIM for organization</i>	0,315	0,065
MS	<i>Management's support</i>	0,142	0,029

Tabel 4.10

Rekapitulasi Bobot Model (Lanjutan)

Kriteria - Sub-Kriteria		Bobot Lokal	Bobot Global
BIC	<i>BIM implementation costs</i>	0,219	0,045
PR	<i>Perceived risks</i>	0,119	0,025
ES	<i>Enterprise scale</i>	0,091	0,019
<i>Technology</i>		-	0,369
FU	<i>Feasibility of using BIM</i>	0,163	0,060
T	<i>Trialability</i>	0,050	0,018
A	<i>Accessibility</i>	0,106	0,039
BC	<i>BIM complexity</i>	0,155	0,057
TQ	<i>Technology quality</i>	0,278	0,103
I	<i>Interoperability</i>	0,120	0,044
O	<i>Observability</i>	0,129	0,048
<i>Project</i>		-	0,149
PSC	<i>Project scale and complexity</i>	0,289	0,043
PCR	<i>Project/client's requirements</i>	0,330	0,049
SI	<i>Stakeholders' interaction</i>	0,191	0,028
SA	<i>Stakeholder's awareness</i>	0,190	0,028
<i>External</i>		-	0,106
GS	<i>Government's support</i>	0,291	0,031
CL	<i>Competition levels</i>	0,255	0,027
BP	<i>BIM providers</i>	0,455	0,048

Bobot dari tiap sub-kriteria yang tertera pada Tabel 4.10 adalah tingkat kepentingan dari masing-masing sub-kriteria. Tingkat kepentingan ini tidak sama dengan tingkat kecenderungan ataupun preferensi, serta belum dapat dijadikan dasar untuk mengategorikan sub-kriteria sebagai pendukung atau penghambat dari salah satu alternatif. Berdasarkan Tabel 4.10, kriteria dengan bobot yang paling tinggi adalah kriteria *Technology*, sedangkan kriteria dengan bobot yang paling rendah adalah kriteria *External*. Sub-kriteria dengan bobot global tertinggi adalah *Technology quality* dan sub-kriteria dengan bobot global terendah adalah *Trialability*.

4.3.2 Uji Konsistensi Data

Setiap metode penelitian yang menggunakan pendapat manusia sebagai data/*input* selalu memiliki kemungkinan terjadinya inkonsistensi. Hal tersebut disebabkan adanya keterbatasan pada manusia untuk menyatakan pendapat dengan konsisten ketika terdapat banyak kriteria. Pengujian konsistensi data dilakukan dengan mencari *eigenvalue* tiap kriteria/sub-kriteria, lalu mencari *maximum eigenvalue* dari tiap matriks. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan *maximum eigenvalue* dapat dilihat pada Persamaan 2.2. Hasil perhitungan *maximum eigenvalue* dapat dilihat pada Tabel 4.11 hingga Tabel 4.16.

Tabel 4.11

Maximum Eigenvalue pada Matriks Kriteria

Kriteria					Bobot	<i>Eigenvalue</i>	<i>Max. Eigenvalue</i>
1,000	1,775	0,315	1,014	1,169	0,168	0,928	5,380
0,563	1,000	0,528	1,621	3,877	0,207	1,151	
3,173	1,896	1,000	1,483	3,757	0,369	1,917	
0,986	0,617	0,674	1,000	0,882	0,149	0,786	
0,855	0,258	0,266	1,134	1,000	0,106	0,571	

Tabel 4.12

Maximum Eigenvalue pada Matriks Human

Human				B. Global	<i>Eigenvalue</i>	<i>Max. Eigenvalue</i>
1,000	1,781	0,469	0,522	0,032	0,138	4,218
0,562	1,000	0,454	1,427	0,031	0,130	
2,131	2,205	1,000	2,240	0,071	0,285	
1,916	0,701	0,446	1,000	0,035	0,149	

Tabel 4.13

Maximum Eigenvalue pada Matriks Management

Management						B. Global	<i>Eigenvalue</i>	<i>Max. Eigenvalue</i>
1,000	0,409	0,792	0,413	1,210	1,135	0,024	0,144	6,146
2,446	1,000	2,735	1,542	3,642	2,146	0,065	0,404	
1,263	0,366	1,000	0,538	1,182	2,280	0,029	0,180	
2,420	0,649	1,859	1,000	1,274	2,438	0,045	0,277	
0,826	0,275	0,846	0,785	1,000	1,595	0,025	0,153	
0,881	0,466	0,439	0,410	0,627	1,000	0,019	0,117	

Tabel 4.14

Maximum Eigenvalue pada Matriks Technology

<i>Technology</i>							B. Global	<i>Eigenvalue</i>	<i>Max. Eigenvalue</i>
1,000	3,119	0,628	1,245	0,775	1,948	1,432	0,060	0,447	7,414
0,321	1,000	0,367	0,264	0,261	0,415	0,403	0,018	0,131	
1,591	2,723	1,000	0,686	0,410	0,354	0,591	0,039	0,310	
0,803	3,782	1,458	1,000	0,433	1,077	1,784	0,057	0,409	
1,291	3,828	2,438	2,310	1,000	3,401	2,368	0,103	0,741	
0,513	2,412	2,826	0,929	0,294	1,000	0,664	0,044	0,344	
0,698	2,480	1,691	0,560	0,422	1,506	1,000	0,048	0,343	

Tabel 4.15

Maximum Eigenvalue pada Matriks Project

<i>Project</i>				B. Global	<i>Eigenvalue</i>	<i>Max. Eigenvalue</i>
1,000	0,753	1,592	1,693	0,043	0,173	4,022
1,328	1,000	1,448	1,781	0,049	0,198	
0,628	0,690	1,000	0,880	0,028	0,114	
0,591	0,562	1,136	1,000	0,028	0,114	

Tabel 4.16

Maximum Eigenvalue pada Matriks External

<i>External</i>			B. Global	<i>Eigenvalue</i>	<i>Max. Eigenvalue</i>
1,000	1,467	0,498	0,031	0,095	3,063
0,682	1,000	0,718	0,027	0,083	
2,007	1,392	1,000	0,048	0,148	

Nilai *maximum eigenvalue* yang telah didapatkan kemudian digunakan untuk mencari *Consistency Index* (CI) menggunakan Persamaan 2.3, lalu nilai CI akan digunakan untuk mencari *Consistency Ratio* (CR) menggunakan Persamaan 2.4. Apabila nilai CR kurang dari sama dengan 0,1 (10%), maka data tersebut konsisten. Perhitungan CI dan CR serta hasil evaluasi dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17

Uji Konsistensi Data

Matriks	n	Max. Eigen	CI	CR	Evaluasi
K-K	5	5,380	0,095	0,085	Konsisten
<i>Human</i>	4	4,218	0,073	0,081	Konsisten
<i>Management</i>	6	6,146	0,029	0,024	Konsisten
<i>Technology</i>	7	7,414	0,069	0,052	Konsisten
<i>Project</i>	4	4,022	0,007	0,008	Konsisten
<i>External</i>	3	3,063	0,031	0,054	Konsisten

Tabel 4.17 menunjukkan bahwa semua data memiliki nilai CR yang lebih rendah dari 0,1 (10%). Hal ini menunjukkan bahwa seluruh data yang digunakan telah *valid* dan dapat digunakan untuk perhitungan selanjutnya.

4.3.3 Perhitungan Kecenderungan Alternatif terhadap Setiap Sub-Kriteria

Pada bagian 3 kuesioner (lihat Lampiran 3), responden diminta untuk memilih antara kedua alternatif yang ada, yaitu Tradisional atau Mengimplementasikan BIM pada setiap sub-kriteria beserta dengan tingkat preferensinya. Data yang dihasilkan akan menunjukkan alternatif yang dinilai lebih menguntungkan untuk setiap sub-kriteria. Hasil perhitungan bobot dapat dilihat pada Tabel 4.18 hingga Tabel 4.41 serta rekapitulasi dari bobot tiap alternatif dapat dilihat pada Tabel 4.42.

Tabel 4.18

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Perceived usefulness*

PU	Tradisional	BIM	Geo Mean	Bobot
Tradisional	1,000	0,423	0,651	0,297
BIM	2,362	1,000	1,537	0,703
Jumlah			2,188	1,000

Tabel 4.19

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Perceived ease of use*

PEU	Tradisional	BIM	Geo Mean	Bobot
Tradisional	1,000	0,625	0,791	0,385
BIM	1,599	1,000	1,264	0,615
Jumlah			2,055	1,000

Tabel 4.20

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Competency and skills*

PCS	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,656	0,810	0,396
BIM	1,524	1,000	1,234	0,604
Jumlah			2,045	1,000

Tabel 4.21

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Willingness and motivation to use BIM*

WM	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,723	0,850	0,420
BIM	1,383	1,000	1,176	0,580
Jumlah			2,026	1,000

Tabel 4.22

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Organizational readiness*

OR	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,905	0,951	0,475
BIM	1,105	1,000	1,051	0,525
Jumlah			2,002	1,000

Tabel 4.23

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Perceived benefits of BIM for organization*

PBO	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,431	0,656	0,301
BIM	2,321	1,000	1,524	0,699
Jumlah			2,180	1,000

Tabel 4.24

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Management's support*

MS	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	1,007	1,003	0,502
BIM	0,993	1,000	0,997	0,498
Jumlah			2,000	1,000

Tabel 4.25

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *BIM implementation costs*

BIC	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	1,092	1,045	0,522
BIM	0,916	1,000	0,957	0,478
Jumlah			2,002	1,000

Tabel 4.26

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Perceived risks*

PR	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	1,064	1,032	0,516
BIM	0,940	1,000	0,969	0,484
Jumlah			2,001	1,000

Tabel 4.27

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Enterprise scale*

ES	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,570	0,755	0,363
BIM	1,755	1,000	1,325	0,637
Jumlah			2,080	1,000

Tabel 4.28

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Feasibility of using BIM*

FU	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,435	0,659	0,303
BIM	2,300	1,000	1,517	0,697
Jumlah			2,176	1,000

Tabel 4.29

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Trialability*

T	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,400	0,632	0,286
BIM	2,501	1,000	1,582	0,714
Jumlah			2,214	1,000

Tabel 4.30

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Accessibility*

A	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	1,488	1,220	0,598
BIM	0,672	1,000	0,820	0,402
Jumlah			2,040	1,000

Tabel 4.31

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *BIM complexity*

BC	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	2,291	1,514	0,696
BIM	0,436	1,000	0,661	0,304
Jumlah			2,174	1,000

Tabel 4.32

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Technology quality*

TQ	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,262	0,512	0,208
BIM	3,817	1,000	1,954	0,792
Jumlah			2,466	1,000

Tabel 4.33

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Interoperability*

I	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,339	0,582	0,253
BIM	2,948	1,000	1,717	0,747
Jumlah			2,299	1,000

Tabel 4.34

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Observability*

O	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,384	0,620	0,278
BIM	2,601	1,000	1,613	0,722
Jumlah			2,233	1,000

Tabel 4.35

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Project scale and complexity*

PSC	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,558	0,747	0,358
BIM	1,792	1,000	1,339	0,642
Jumlah			2,086	1,000

Tabel 4.36

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Project/client's requirements*

PCR	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,516	0,719	0,341
BIM	1,936	1,000	1,392	0,659
Jumlah			2,110	1,000

Tabel 4.37

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Stakeholders' interaction*

SI	Tradisional	BIM	<i>Geo Mean</i>	Bobot
Tradisional	1,000	0,879	0,938	0,468
BIM	1,138	1,000	1,067	0,532
Jumlah			2,004	1,000

Tabel 4.38

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Stakeholder's awareness*

SA	Tradisional	BIM	Geo Mean	Bobot
Tradisional	1,000	0,829	0,911	0,453
BIM	1,206	1,000	1,098	0,547
Jumlah			2,009	1,000

Tabel 4.39

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Government's support*

GS	Tradisional	BIM	Geo Mean	Bobot
Tradisional	1,000	0,661	0,813	0,398
BIM	1,513	1,000	1,230	0,602
Jumlah			2,043	1,000

Tabel 4.40

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *Competition levels*

CL	Tradisional	BIM	Geo Mean	Bobot
Tradisional	1,000	0,423	0,650	0,297
BIM	2,365	1,000	1,538	0,703
Jumlah			2,188	1,000

Tabel 4.41

Matriks Perhitungan Bobot pada Sub-Kriteria *BIM providers*

BP	Tradisional	BIM	Geo Mean	Bobot
Tradisional	1,000	0,292	0,540	0,226
BIM	3,427	1,000	1,851	0,774
Jumlah			2,391	1,000

Tabel 4.42

Rekapitulasi Bobot Alternatif terhadap Sub-Kriteria

Kriteria	Kode	Sub-Kriteria	Tradisional	BIM
Human	PU	<i>Perceived usefulness</i>	0,297	0,703
	PEU	<i>Perceived ease of use</i>	0,385	0,615
	PCS	<i>Personal competency & skills</i>	0,396	0,604
	WM	<i>Willingness and motivation to use BIM</i>	0,420	0,580
Management	OR	<i>Organizational readiness</i>	0,475	0,525
	PBO	<i>Perceived benefits of BIM for organization</i>	0,301	0,699
	MS	<i>Management's support</i>	0,502	0,498
	BIC	<i>BIM implementation costs</i>	0,522	0,478
	PR	<i>Perceived risks</i>	0,516	0,484
	ES	<i>Enterprise scale</i>	0,363	0,637

Tabel 4.42

Rekapitulasi Bobot Alternatif terhadap Sub-Kriteria (Lanjutan)

Kriteria	Kode	Sub-Kriteria	Tradisional	BIM
Technology	FU	<i>Feasibility of using BIM</i>	0,303	0,697
	T	<i>Trialability</i>	0,286	0,714
	A	<i>Accessibility</i>	0,598	0,402
	BC	<i>BIM complexity</i>	0,696	0,304
	TQ	<i>Technology quality</i>	0,208	0,792
	I	<i>Interoperability</i>	0,253	0,747
	O	<i>Observability</i>	0,278	0,722
Project	PSC	<i>Project scale and complexity</i>	0,358	0,642
	PCR	<i>Project/client's requirements</i>	0,341	0,659
	SI	<i>Stakeholders' interaction</i>	0,468	0,532
	SA	<i>Stakeholder's awareness</i>	0,453	0,547
External	GS	<i>Government's support</i>	0,398	0,602
	CL	<i>Competition levels</i>	0,297	0,703
	BP	<i>BIM providers</i>	0,226	0,774

Bobot atau tingkat kecenderungan pada Tabel 4.42 merupakan tingkat kecenderungan atau preferensi untuk kedua alternatif pada setiap sub-kriteria. Tingkat kecenderungan ini tidak dapat menjadi dasar untuk mencari peringkat dari sub-kriteria yang mendukung maupun menghambat salah satu alternatif, dikarenakan tidak adanya perbandingan antar sub-kriteria maupun antar kriteria pada analisis ini.

4.4 Perhitungan *Weighted Average Model*

Setelah bobot dari setiap sub-kriteria dan bobot dari alternatif pada tiap sub-kriteria telah didapatkan, maka perhitungan dapat dilanjutkan dengan menghitung *weighted average*. Perhitungan ini dilakukan dengan cara mengalikan bobot global sub-kriteria dengan bobot dari tiap alternatif pada sub-kriteria tersebut. Hasil perhitungan *weighted average* dapat dilihat pada Tabel 4.43.

Tabel 4.43

Weighted Average

Kriteria	Kode	Sub-Kriteria	Tradisional	BIM
Human	PU	<i>Perceived usefulness</i>	0,010	0,023
	PEU	<i>Perceived ease of use</i>	0,012	0,019
	PCS	<i>Personal competency & skills</i>	0,028	0,043
	WM	<i>Willingness and motivation to use BIM</i>	0,015	0,020
Management	OR	<i>Organizational readiness</i>	0,011	0,012
	PBO	<i>Perceived benefits of BIM for organization</i>	0,020	0,046
	MS	<i>Management's support</i>	0,015	0,015

Tabel 4.43

Weighted Average

Kriteria	Kode	Sub-Kriteria	Tradisional	BIM
Management	BIC	<i>BIM implementation costs</i>	0,024	0,022
	PR	<i>Perceived risks</i>	0,013	0,012
	ES	<i>Enterprise scale</i>	0,007	0,012
Technology	FU	<i>Feasibility of using BIM</i>	0,018	0,042
	T	<i>Trialability</i>	0,005	0,013
	A	<i>Accessibility</i>	0,023	0,016
	BC	<i>BIM complexity</i>	0,040	0,017
	TQ	<i>Technology quality</i>	0,021	0,081
	I	<i>Interoperability</i>	0,011	0,033
	O	<i>Observability</i>	0,013	0,034
Project	PSC	<i>Project scale and complexity</i>	0,015	0,028
	PCR	<i>Project/client's requirements</i>	0,017	0,032
	SI	<i>Stakeholders' interaction</i>	0,013	0,015
	SA	<i>Stakeholder's awareness</i>	0,013	0,015
External	GS	<i>Government's support</i>	0,012	0,019
	CL	<i>Competition levels</i>	0,008	0,019
	BP	<i>BIM providers</i>	0,011	0,037
Jumlah			0,375	0,625

Tabel 4.44

Urutan Peringkat Weighted Average Berdasarkan Weighted Average BIM

Kode	Sub-Kriteria	BIM	Peringkat BIM
TQ	<i>Technology quality</i>	0,081	1
PBO	<i>Perceived benefits of BIM for organization</i>	0,046	2
PCS	<i>Personal competency & skills</i>	0,043	3
FU	<i>Feasibility of using BIM</i>	0,042	4
BP	<i>BIM providers</i>	0,037	5
O	<i>Observability</i>	0,034	6
I	<i>Interoperability</i>	0,033	7
PCR	<i>Project/client's requirements</i>	0,032	8
PSC	<i>Project scale and complexity</i>	0,028	9
PU	<i>Perceived usefulness</i>	0,023	10
BIC	<i>BIM implementation costs</i>	0,022	11
WM	<i>Willingness and motivation to use BIM</i>	0,020	12
CL	<i>Competition levels</i>	0,019	13
PEU	<i>Perceived ease of use</i>	0,019	14
GS	<i>Governments support</i>	0,019	15
BC	<i>BIM complexity</i>	0,017	16

Tabel 4.44

Urutan Peringkat *Weighted Average* Berdasarkan *Weighted Average* BIM (Lanjutan)

Kode	Sub-Kriteria	BIM	Peringkat BIM
A	<i>Accessibility</i>	0,016	17
SA	<i>Stakeholder's awareness</i>	0,015	18
SI	<i>Stakeholders' interaction</i>	0,015	19
MS	<i>Management's support</i>	0,015	20
T	<i>Trialability</i>	0,013	21
OR	<i>Organizational readdiness</i>	0,012	22
PR	<i>Perceived risks</i>	0,012	23
ES	<i>Enterprise scale</i>	0,012	24

Pada Tabel 4.44, dapat dilihat urutan dari peringkat *weighted average* berdasarkan *weighted average* dari BIM. Dari data tersebut, dapat dilihat sub-kriteria mana yang mendukung/penting dalam implementasi BIM dan yang kurang mendukung/penting dalam implementasi BIM. Sub-kriteria yang mendukung/penting dalam implementasi BIM antara lain:

1. *Technology quality (TQ)*

Kualitas teknologi menjadi faktor dengan peringkat paling tinggi dalam mendukung implementasi BIM. Hal ini dikarenakan BIM menawarkan berbagai kualitas yang tidak dapat atau sangat sulit didapatkan jika terus menjalankan sistem tradisional, seperti demonstrasi visual secara 3D yang akurat, kecepatan *software*, fungsi-fungsi dari berbagai *software* yang dapat dikerjakan bersamaan yang mampu meningkatkan kolaborasi, dan sebagainya.

2. *Perceived benefits of BIM for organization*

Keuntungan yang akan didapatkan jika mengimplementasikan BIM menjadi faktor kedua yang paling mendukung implementasi BIM. Keuntungan yang akan diyakini akan didapatkan seperti meningkatnya efisiensi biaya dan waktu pengerjaan proyek, peningkatan nilai perusahaan di mata klien, peningkatan kualitas hasil, dan sebagainya lebih besar dibandingkan kesulitan yang dapat dialami oleh perusahaan dalam masa transisi dari sistem tradisional.

3. *Personal competency & skills*

Implementasi BIM dipercaya dapat menambah pengalaman serta meningkatkan kemampuan dan kompetensi pribadi, yang tentunya akan meningkatkan nilai dari individu tersebut, sehingga dinilai menjadi salah satu faktor pendukung implementasi BIM.

4. *Feasibility of using BIM*

BIM dinilai serbaguna sehingga dapat digunakan dalam berbagai jenis proyek yang berbeda. Penggunaan BIM dapat disesuaikan dengan kondisi dari proyek sehingga cocok untuk diimplementasikan dalam perusahaan konstruksi besar yang sering kali menerima berbagai jenis proyek.

5. *BIM providers*

Tersedianya penyedia layanan dari BIM serta berbagai tawaran pelayanan yang ditawarkan menjadi faktor yang mendukung implementasi BIM. Dengan adanya pelayanan purna-jual dari penyedia layanan, maka perusahaan tidak perlu khawatir akan kesulitan yang akan dialami bila ada pembaruan sistem, kebutuhan pelatihan, bantuan teknis, dan sebagainya.

Sub-kriteria yang dinilai kurang mendukung atau penting dalam implementasi BIM antara lain adalah:

1. *Enterprise scale*

Skala perusahaan dianggap kurang mendukung dalam implementasi BIM, dikarenakan semakin besar skala perusahaan, maka semakin banyak kesulitan yang akan dialami dalam masa transisi dari sistem yang lama atau tradisional, contohnya: semakin besar perusahaan, semakin banyak individu yang terlibat sehingga meningkatkan resistensi transisi.

2. *Perceived risks*

Risiko-risiko yang dapat dialami oleh perusahaan ketika mengimplementasikan BIM menjadi salah satu penghambat terbesar dalam implementasi BIM, terutama bila risiko dinilai lebih berat dibandingkan keuntungan yang didapatkan. Risiko-risiko yang dapat dialami seperti gagalnya implementasi di tengah berjalannya proyek yang akan mengacaukan proses berjalannya proyek, SDM yang sering kali masuk dan keluar dari perusahaan, biaya tambahan yang tidak diperkirakan seperti kondisi lapangan dengan internet yang tidak memadai mengharuskan adanya tambahan biaya, dan sebagainya.

3. *Organizational readiness*

Kesiapan perusahaan menjadi hal yang penting namun menghambat implementasi BIM. Hal ini dikarenakan banyak perusahaan yang belum siap dalam mengimplementasikan BIM, seperti infrastruktur yang tidak memadai, kurangnya tenaga ahli BIM, dan kemampuan pemanfaatan teknologi informasi perusahaan yang masih rendah.

4. *Trialability*

Kemampuan uji coba BIM tidak menjadi faktor yang menghambat atau tidak mendukung implementasi BIM (dapat dilihat dengan kecenderungan dari *trialability* di mana *trialability* sangat cenderung menuju BIM), namun dinilai kurang penting bila dibandingkan dengan faktor lainnya seperti kualitas teknologi, biaya, risiko, dan sebagainya. *Trialability* tidak signifikan pengaruhnya bila implementasi BIM dapat menghasilkan keuntungan yang besar bagi perusahaan, atau menjadi tidak penting bila implementasi BIM hanya akan mendatangkan risiko yang tidak diinginkan oleh perusahaan.

5. *Management's support*

Kurangnya dukungan dari manajemen menjadi faktor penghambat dalam mengimplementasikan BIM. Ketika dukungan dari manajemen kurang, maka alokasi sumber daya, kebijakan-kebijakan, dan lainnya menjadi tidak fokus kepada transisi kepada BIM. Hal ini akan sangat menyulitkan terutama bagi pekerja dengan jabatan yang lebih rendah.