

Analisa RII (*Relative Important Index*) Terhadap Faktor-Faktor yang Berpengaruh dalam Mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada Pekerjaan Struktur Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi

Frisky Sustiawan^{1,*}, Albert Eddy Husin²

Magister Teknik Sipil, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Koresponden*, Email: friskysustiawan91@gmail.com

Info Artikel		Abstract
Diajukan	09 Juni 2021	<i>This study discusses the factors influencing BIM 4D and M-PERT implementation on high-rise residential building structures using RII (Important Relative Index) analysis. The research was conducted using a quantitative descriptive method by distributing questionnaires to practitioners related to the work of high-rise residential structures. The study found that ten factors had the most influence on implementing BIM 4D and M-PERT on high-rise residential structures, namely other detailed drawings, project schedule, percentage of delays, activity modeling, project activity integration, network similarity, building design planning, scheduling integration, visualization, increase productivity</i>
Diperbaiki	15 Agustus 2021	
Disetujui	15 Agustus 2021	
Keywords: M-PERT, BIM 4D, Schedule, Construction Project		
Kata kunci: M-PERT, BIM 4D, Penjadwalan, Proyek konstruksi		Penelitian ini membahas mengenai faktor – faktor yang berpengaruh dalam mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur bangunan hunian tingkat tinggi dengan menggunakan Analisa RII (<i>Relative Important Index</i>). Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif kuantitatif dengan menyebar kuisioner ke praktisi yang berkaitan dengan pekerjaan struktur hunian bertingkat tinggi, hasil penelitian didapatkan bahwa ada 10 faktor paling berpengaruh terhadap implementasi BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur hunian bertingkat tinggi, yaitu antara lain detail gambar, schedule proyek, presentase keterlambatan, pemodelan aktivitas, penggabungan kegiatan proyek, kemiripan jaringan, perencanaan desain bangunan, integrasi penjadwalan, visualisasi, dan meningkatkan produktivitas

1. Pendahuluan

Tren Hunian bertingkat tinggi sekarang ini semakin tumbuh pesat, hal ini dipicu dengan semakin banyaknya kebutuhan orang terhadap tempat tinggal namun tidak didukung oleh ketersediaan lahan. Meningkatnya tren ini dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**. Bangunan apartemen vertikal saat ini menjadi pilihan yang paling tepat. Hal tersebut dikarenakan menipisnya luas lahan yang tersedia, sehingga efisiensi lahan diperlukan. Harga tanah yang selangit, membangun hunian vertikal akan lebih murah dan lebih menguntungkan karena unit yang bisa dibangun lebih banyak, dengan luas lahan yang terbatas.

Dalam proyek konstruksi, faktor utama bagi kontraktor adalah biaya, waktu, dan mutu. Ketiga faktor tersebut saling berhubungan satu dengan yang lain. Biaya, waktu, dan mutu merupakan faktor yang harus dikendalikan dalam proyek konstruksi. Pengendalian yang tidak tepat dapat mengakibatkan kegagalan suatu proyek. Pengendalian harus dilakukan dari mulai awal proyek sampai dengan selesainya suatu proyek. Pada proyek konstruksi pengendalian waktu berupa jadwal yang disusun sebelum mulai pekerjaan, penyusunan jadwal dapat dilakukan memakai beberapa metode

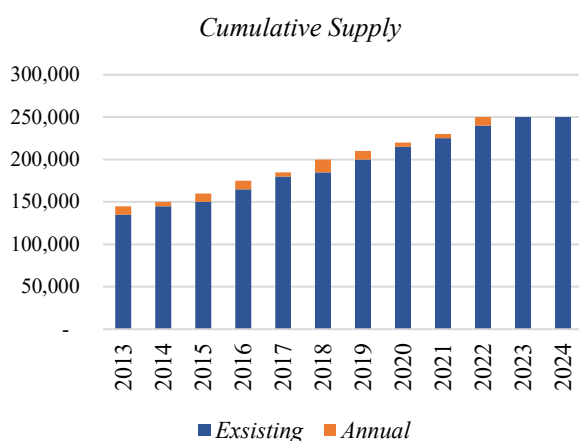
misalnya metode *Gantt Chart*, *Network Planning Diagram*, *Curve-S* dll.

Secara perencanaan penjadwalan ada beberapa metode, misalnya metode CPM, PDM, PERT, dan M-PERT. Metode CPM ialah metode jalur kritis (*Critical Path Method*), yakni metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek-proyek. CPM merupakan sistem yang paling banyak dipergunakan diantara semua sistem lain yang memakai prinsip pembentukan jaringan. CPM pada dasarnya menitikberatkan pada persoalan keseimbangan antara biaya dan waktu penyelesaian proyek-proyek yang besar. Dengan CPM, jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan berbagai taraf dari pada proyek dianggap diketahui dengan pasti; lebih-lebih hubungan antara jumlah sumber-sumber yang digunakan dan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan proyek juga dianggap diketahui. Sehingga, CPM juga dapat didefinisikan sebagai suatu analisa jaringan kerja yang berusaha mengoptimalkan biaya total proyek melalui pengurangan atau percepatan waktu penyelesaian total proyek yang bersangkutan [1].

Keterlambatan pada proyek dapat terjadi karena beberapa faktor. Faktor – faktor tersebut dapat dilihat pada **Tabel 1**

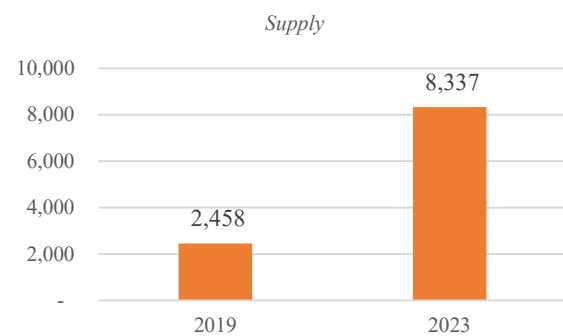
Tabel 1. Faktor Keterlambatan Proyek [2]

Number	15 Most important factors causing delays	Factor grup	RII	Rank
1	Inadequate contractor experience	Contractor related	0,863	1
2	Ineffective project planning and scheduling	Contractor related	0,844	2
3	Poor site management and supervision	Contractor related	0,844	2
4	Design changes by owner or agent during construction	Design related	0,813	4
5	Late delivery of materials	Material related	0,803	5
6	Unreliable subcontractors	Contractor related	0,797	6
7	Delay in performing inspection and testing	Consultant related	0,784	7
8	Unqualified/inexperienced workers	Labor related	0,784	7
9	Change orders	Owner related	0,778	9
10	Delay in site delivery	Owner related	0,778	9
11	Delay in approving design documents	Owner related	0,775	11
12	Delay in progress payments	Owner related	0,775	11
13	Slowness in decision making	Owner related	0,775	11
14	Poor communication and coordination with other parties	Consultant related	0,756	14
15	Unexpected surface and subsurface conditions (soil, hw t.)	External related	0,780	14

**Gambar 1.** Data Supply bertingkat tinggi di Jakarta [3]

Faktor keterlambatan proyek pada **Tabel 1** hanya diambil 15 faktor yang paling berpengaruh terhadap keterlambatan proyek. Di urutan pertama adalah pengalaman kontraktor yang tidak mencukupi. Di urutan kedua adalah perencanaan penjadwalan yang tidak tepat. Penjadwalan yang kurang tepat dapat membuat proyek berjalan tidak beraturan dan tidak sesuai dengan perencanaan, hal ini dapat menyebabkan proyek terlambat, akibatnya secara biaya dan mutu juga bisa tidak tercapai sesuai dengan rencana [2].

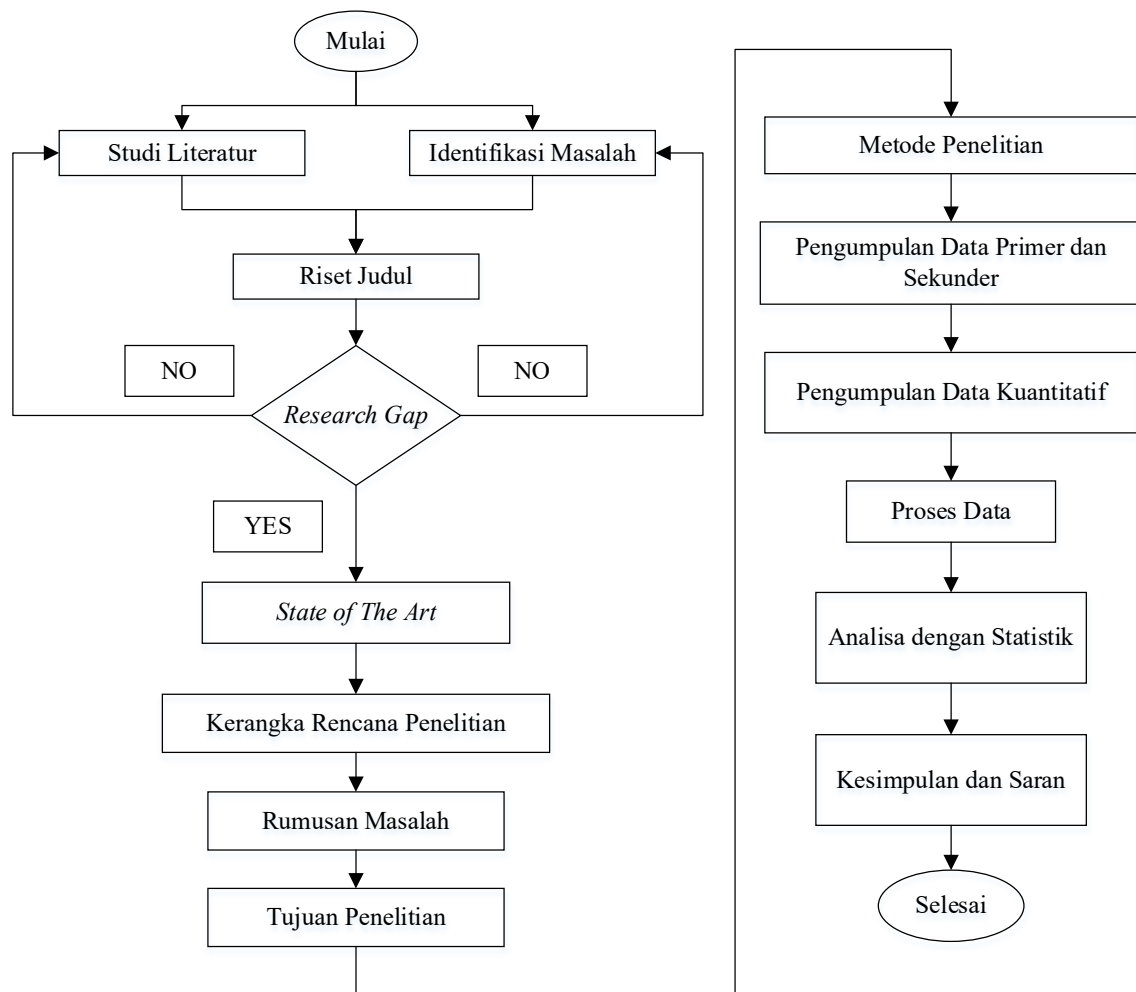
Dari beberapa faktor – faktor tersebut menjadi menarik untuk di teliti dimana penulis akan membahas lebih detail mengenai perbaikan kinerja struktur bangunan hunian tingkat tinggi pada bagian pengendalian waktu di proyek konstruksi dengan menggunakan BIM 4D dan M-PERT.

**Gambar 2.** Data Supply Hunian bertingkat tinggi [3]

2. Metode

Metode penelitian adalah pada dasarnya merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data yang valid dengan tujuan yang bersifat penemuan, pembuktian dan pengembangan suatu pengetahuan sehingga hasilnya dapat digunakan untuk memahami, memecahkan dan mengantisipasi masalah [4].

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menganalisis data dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sebagaimana adanya tanpa bermaksud membuat kesimpulan yang berlaku untuk umum atau generalisasi [4]. Sedangkan penelitian kuantitatif adalah metode penelitian berlandaskan pada filsafat positivism, digunakan untuk meneliti pada populasi atau sampel tertentu, teknik pengambilan sampel pada umumnya dilakukan secara random, pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian, analisis data bersifat kuantitatif atau statistik dengan tujuan untuk menguji hipotesis yang telah ditetapkan [4].



Gambar 3. Diagram alir penelitian

Strategi penelitian yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah strategi survei. Metode survei adalah metode yang digunakan untuk mendapatkan data dari tempat tertentu yang alamiah (bukan buatan), tetapi peneliti melakukan perlakuan dalam pengumpulan data, misalnya dengan mengedarkan kuisioner, test, wawancara terstruktur dan sebagainya [4].

Proses penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**. dalam pengerjaan penelitian ini peneliti mengikut kaedah yang telah di buat berupa alur kerja, sehingga tidak terjadi penyimpangan dalam proses penelitiannya. *Research novelty* penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 2**, dimana pada **Tabel 2** menunjukkan posisi penelitian ada pada metode BIM 4D dan M-PERT dengan jenis bangunan hunian bertingkat tinggi dan lingkup pekerjaannya struktur.

Penelitian ini menggunakan metode survei, dimana data yang diperoleh dilakukan analisis dan penyusunan model matematika yang menunjukkan hubungan antara identifikasi

penyebab ketidakefisiensian waktu dalam proses produksi dengan pengaruh aplikasi BIM 4D dan M-PERT pada proyek struktur hunian gedung bertingkat tinggi terhadap waktu. Hubungan tersebut dapat digambarkan dalam bentuk grafik $Y = f(X)$, di mana struktur Hunian gedung bertingkat tinggi digambarkan sebagai sumbu Y, sedangkan penerapan penjadwalan metode BIM 4D dan M-PERT sebagai variabel bebas digambarkan pada sumbu X, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4**

Relative Importance Index (RII) merupakan metode dalam menganalisis faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam objek penelitian. Selain itu juga metode analisis ini diolah dengan perhitungan statistik dengan hasil kuisioner sebagai input yang nantinya akan diproses menjadi faktor berpengaruh. RII menentukan faktor yang paling berpengaruh dengan sistem ranking berdasarkan bobot dari nilai yang diberikan dari responden setelah mengisi kuisioner. Pada penelitian terdahulu penggunaan metode RII dipakai untuk menentukan

faktor berpengaruh dalam penelitian, melalui perhitungan dengan persamaan 1:

$$RII = \Sigma W / (A \times N) \quad (1)$$

dimana:

RII = *Relative Importance Index*

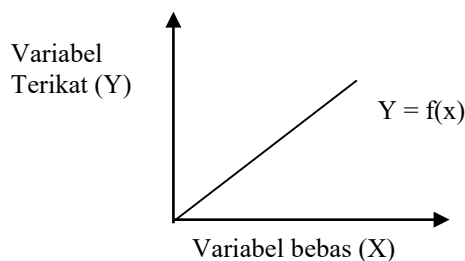
W = *Weight* (Bobot dengan range 1 sampai dengan 5)

A = bobot tertinggi

N = total responden

Tabel 2. *Research Novelty* [2]

Metode Waktu	Jenis Bangunan				Lingkup Pekerjaan		
	Stadium	Perumahan	Industri dan Perkantoran	Hunian Bertingkat Tinggi	Struktur	Arsitektur	MEP
PERT	[5]	[6]	[7]	[8]	[8]	[8]	[8]
CPM	[5]	[9]	[8]	[10]	[9], [5]	[9], [5]	[5]
M-PERT			[11], [12]		[12]	[13]	
BIM 4D	[14]	[15]	[16]	[17]	[18], [17]	[17]	[19]



Gambar 4. Grafik variabel

Nilai RII memiliki bentang antara 0 sampai dengan 1 (nilai 0 tidak termasuk). Skor tertinggi RII akan menjadi faktor paling berpengaruh dalam penelitian. RII kemudian dibuat ranking untuk masing-masing *sub factor*. Perhitungan nilai rata-rata RII dijadikan sebagai nilai RII untuk masing-masing main faktor yang terkandung *sub factor*. Hasilnya berupa peringkat dari *sub factor*, *main factor*, dan variabel [2]. Analisis statistik menggunakan metode *Relative Importance Index* (RII) memiliki beberapa langkah dan pengujian sampai hasil faktor berpengaruh yang diperoleh valid dan reliabel, uji validitas dan realibilitas menjadi faktor penentu keputusan.

Kuesioner disusun berdasarkan kajian kepustakaan dan relevansi dengan tujuan penelitian. Wawancara dengan expert yang sudah memiliki banyak pengalaman akan membantu meningkatkan kekuatan kuesioner untuk mendapatkan hasil penelitian yang tepat [13].

Hipotesis penelitian terdapat dua bentuk hipotesis yaitu hipotesis nol (H_0) dan hipotesis yang berlawanannya (H_1). H_0 merupakan pernyataan tidak adanya hubungan, pengaruh, atau perbedaan antara parameter statistik. Sedangkan H_1 merupakan lawan dari H_0 yang menyatakan adanya hubungan, pengaruh, atau perbedaan antara parameter statistik. H_0 disusun dalam kalimat negative [20]. Berikut ini merupakan

hipotesis H_1 dan H_0 pada penelitian analisa RII terhadap faktor – faktor yang berpengaruh dalam mengimplementasikan BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur bangunan hunian bertingkat tinggi:

- H_1 = terdapat hubungan BIM 4D dan M-PERT terhadap pelaksanaan *schedule* pekerjaan struktur hunian gedung bertingkat tinggi.
- H_0 = tidak terdapat hubungan BIM 4D dan M-PERT terhadap pelaksanaan *schedule* pekerjaan struktur hunian gedung bertingkat tinggi.

Penentuan jumlah sampel selalu berpusat seberapa banyak sampel atau seberapa minimum sampel diambil dari suatu populasi. Ada pedoman statistika dalam menentukan jumlah sampel, yaitu semakin banyak jumlah sampel diambil semakin jelas gambaran keadaan populasi dipaparkan [21].

Jumlah responden minimum untuk menjawab kuesioner diperlukan sebagai batasan dalam pengumpulan hasil yang dibutuhkan. Kebutuhan responden dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan 2 dan persamaan 3 [22]:

$$m = \frac{Z^2 \times P \times (1-P)}{\epsilon^2} \quad (2)$$

$$n = \frac{m}{1 + \left(\frac{m-1}{N}\right)} \quad (3)$$

Dimana:

n = jumlah responden minimum

Z = *Confidence level*

P = nilai proporsi populasi

Setelah didapat hasil kuesioner yang sudah direkapitulasi pada tahap sebelumnya, maka dilakukan 3 (tiga) pengujian data responden yaitu uji validitas, reliabilitas dan uji hipotesis. Uji tersebut dilakukan supaya hasil yang diperoleh berkualitas berdasarkan dengan kriteria teknik pengujian. Berikut ini merupakan uji yang harus dilakukan:

1. Uji Validitas

Uji Validitas adalah suatu ukuran yang menunjukkan tingkat keandalan atau kesahihan suatu alat ukur. Alat ukur yang kurang valid berarti memiliki validitas yang rendah [20]. Untuk menguji validitas alat ukur terlebih dahulu dicari nilai korelasi antara bagian-bagian dari alat ukur secara keseluruhan dengan cara mengorelasikan setiap butir alat ukur dengan skor total yang merupakan jumlah dari masing-masing skor butir dengan rumus *Pearson Product Moment* pada persamaan 4:

$$r_{hitung} = \frac{n \cdot \sum(XY) - (\sum X) \cdot (\sum Y)}{\sqrt{(n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2) \cdot (n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (4)$$

dimana:

- r_{hitung} = koefisien korelasi
- $\sum X$ = jumlah skor item
- $\sum Y$ = jumlah skor Total
- $\sum XY$ = jumlah (skor item x skor total)
- $\sum X^2$ = skor item kuadrat lalu dijumlahkan
- $\sum Y^2$ = skor total kuadrat lalu dijumlahkan
- n = jumlah responden

setelah mendapatkan r_{hitung} , selanjutnya dihitung dengan Uji-t dengan persamaan 5:

$$t_{hitung} = \frac{r \cdot \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad (5)$$

dimana:

- t_{hitung} = nilai t yang dihitung
- r = Koefisien korelasi r_{hitung}
- n = Jumlah responden

Instrumen penelitian dapat dikatakan valid jika memenuhi persyaratan sebagai berikut:

Hasil valid = Jika nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$

Hasil tidak valid = Jika nilai $t_{hitung} < t_{tabel}$

2. Uji Reliabilitas

Konsep reliabilitas adalah sejauh mana hasil suatu penelitian dapat dipercaya. Hasil pengukuran dapat dipercaya hanya apabila dalam beberapa kali pelaksanaan pengukuran terhadap suatu kelompok subjek selalu diperoleh hasil yang relatif sama [23].

Hasil ukur erat kaitannya dengan *error* dalam pengambilan sampel (*sampling error*) yang mengacu pada inkonsistensi hasil ukur apabila pengukuran dilakukan ulang pada kelompok individu yang berbeda. Tujuan utama pengujian reliabilitas adalah untuk mengetahui konsistensi atau keteraturan hasil pengukuran apabila instrumen tersebut digunakan lagi sebagai alat ukur suatu responden. Hasil uji reliabilitas mencerminkan dapat dipercaya atau tidaknya suatu instrumen penelitian berdasarkan tingkat kemantapan dan ketepatan suatu alat ukur dalam pengertian bahwa hasil pengukuran

yang didapatkan merupakan ukuran yang benar dari suatu ukuran. Untuk mencapai hal tersebut, dilakukan uji reliabilitas dengan menggunakan metode diukur berdasarkan skala Alpha Cronbac's 0 sampai 1 [23]. Merupakan uji konsistensi dari instrumen bila diukur secara berulang-ulang. Uji reliabilitas dapat menggunakan persamaan 6 :

$$r_{11} = \frac{2 \cdot r_b}{1 + r_b} \quad (6)$$

dimana:

r_{11} = koefisien reliabilitas internal seluruh item

r_b = koefisien product moment (dari r_{hitung})

Instrumen kuesioner dapat dikatakan reliabel jika:

hasil reliabel = Jika nilai $r_{11} > r_{tabel}$

hasil tidak reliabel = Jika nilai $r_{11} < r_{tabel}$

3. Uji Hipotesis

Korelasi sederhana digunakan untuk mencari besarnya hubungan antara satu variabel bebas (X) terhadap variabel terikat (Y). Terdapat 6 (enam) langkah dalam melakukan uji hipotesis penelitian. Berikut ini merupakan pembahasan mengenai langkah dalam uji hipotesis [23]:

- a. Langkah 1. Membuat H_1 dan H_0 dalam bentuk kalimat.
 - H_1 = terdapat hubungan yang signifikan antara metode A terhadap objek B.
 - H_0 = tidak terdapat hubungan yang signifikan antara metode A terhadap objek B.
- b. Langkah 2. Membuat H_1 dan H_0 dalam bentuk statistic.
 - $H_1 : r \neq 0$
 - $H_0 : r = 0$
- c. Langkah 3. Membuat tabel penolong untuk menghitung korelasi sederhana. Data awal yang diperlukan pada penelitian ini adalah data penelitian untuk variabel X dan Y.

Pada tahap ini dilakukan perhitungan korelasi antar variabel X dan Y meliputi:

- Mencari nilai korelasi X terhadap Y
- X = Variabel 1 = Penerapan BIM 4D dan M-PERT
- Y = Variabel 2 = Pekerjaan struktur hunian bertingkat tinggi

Hasil statistik dianalisis dan dievaluasi terkait faktor-faktor paling berpengaruh dalam penerapan BIM 4D dan M-PERT pada struktur hunian bertingkat tinggi yang terdiri dari:

- *Sub factor* paling berpengaruh.
- *Main factor* paling berpengaruh.
- Variabel paling berpengaruh.
- Keputusan hipotesis diterima atau ditolak.

3. Hasil dan Pembahasan

Penyusunan kuesioner dilakukan setelah dilakukan studi literatur. Komponen kuesioner seperti variabel, *main factor* dan *sub factor* sudah diperoleh. Tahap selanjutnya yaitu menghimpun hasil studi literatur menjadi satu bentuk daftar pertanyaan yang akan diajukan kepada responden. Detail mengenai *sub factor* penelitian ini disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada **Tabel 3**. Pada awal bagian ini, perlu diberikan suatu pengantar yang memuat hal-hal yang dilakukan beserta analisis yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian. Selanjutnya secara terperinci dan tahap demi tahap tujuan penelitian dibahas dan dianalisis secara detail dan tajam, dengan metodologi penelitian sampai diperoleh suatu hasil penelitian. Analisis dan pembahasan ini dilakukan untuk semua tujuan yang telah ditetapkan pada tujuan penelitian.

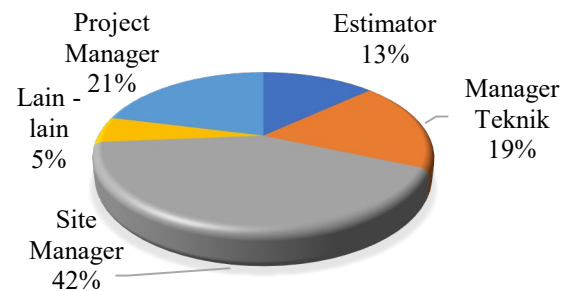
Mempertimbangkan bahwa untuk penerapan BIM di Indonesia adalah platform baru di dunia konstruksi di Indonesia maka penentuan responden siapa yang dapat memberikan jawaban yang sesuai menjadi sangat penting. Sehingga untuk memastikan jawaban responden dapat memenuhi syarat, maka penulis menetapkan target responden yang memiliki kemampuan untuk menjawab kuesioner dengan baik.

Pengumpulan data kuesioner dilakukan terlebih dahulu menyebarkan kuesioner kepada target responden yang ahli di bidang estimasi dan penghitungan volume pekerjaan proyek bangunan gedung bertingkat tinggi. Dilanjutkan disebarkan kepada lini manajer konstruksi yang memahami proses pembuatan Rencana Anggaran Biaya dan proses persiapan pekerjaan konstruksi. Survei yang dilakukan selama 14 hari dengan menyebarkan 50 paket kuesioner. Paket kuesioner yang berhasil diisi sebanyak 38 dan yang tidak kembali sebanyak 12. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada **Tabel 4 dan Gambar 5**.

Target berikutnya adalah pengalaman responden, ada 3 kriteria responden dalam penelitian ini, kurang dari 5 tahun, 5 – 10 tahun, dan lebih dari 10 tahun. Hasil dari kuisoner dapat dilihat pada **Tabel 5 dan Gambar 7**.

Tabel 5. Target responden

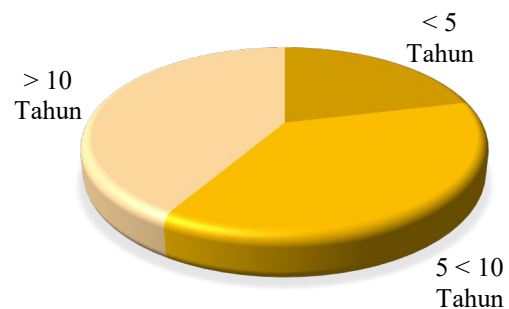
No.	Posisi	Jumlah	Prosentase (%)
1	Estimator	5	34,21%
2	Manager Teknik	7	13,15%
3	Site Manager	16	31,55%
4	Project Manager	8	15,78%
5	Lain lain	2	5,26%
	Total	38	100%



Gambar 6. Responden

Tabel 6. Pengalaman responden

No.	Pengalaman	Jumlah	Prosentase
1	< 5 Tahun	8	21,05%
2	5– 10 Tahun	14	36,84%
3	>10 Tahun	16	42,10%
	Total	38	100%



Gambar 7. Pengalaman responden

Tabel 6 dan Gambar 9 menunjukkan bahwa persentase pengalaman responden dalam penelitian ini yaitu 5 < 10 tahun sebanyak 39,47%. Disusul dengan persentase pengalaman > 10 tahun sebesar 42,10% dan persentase pengalaman responden terendah dalam penelitian ini yaitu < 5 tahun sebesar 21,05%. Sedangkan untuk tipe pelaksanaan proyek yang sedang atau telah dikerjakan dapat dilihat pada **Tabel 6 dan Gambar 8**.

Tabel 7 dan Gambar 10 menunjukkan bahwa persentase tertinggi pelaksanaan untuk tipikal bangunan dalam penelitian ini yaitu bangunan apartemen sebesar 73,68%. Persentase tertinggi berikutnya untuk pelaksanaan proyek bangunan kantor sebesar 21,05%. Persentase terendah pelaksanaan proyek diperoleh pada tipikal bangunan hotel yaitu sebesar 5,26%.

Tabel 3. Main Factor dan sub factor

Variabel	Main Factor	No	Sub factor	
M-PERT	penjadwalan	X1	Menggabungkan kegiatan proyek ke dalam satu group [24]	
		X2	Perhitungan dapat dikembangkan secara manual [24]	
		X3	kemiripan yang lebih tinggi antara jaringan terjadwal dan proyek konstruksi nyata [24]	
		X4	Korelasi antara aktifitas bisa berbeda [24]	
		X5	Formula lebih sederhana [25]	
		X6	Pemodelan aktifitas [25]	
BIM 4D	Perencanaan dan pemodelan 4D	X7	perencanaan keselamatan [26]	
		X8	mengintegrasikan penjadwalan dan perencanaan [27]	
		X9	Rencana tata letak situasi (Site Layout) [26]	
		X10	Perencanaan pengadaan material [26]	
		X11	Perencanaan desain bangunan [26]	
		X12	Perencanaan metode kerja yang di gunakan [26]	
	Simulasi dan Visualisasi	X13	Memfasilitasi pemahaman tentang proses konstruksi [26]	
		X14	Mengkomunikasikan ruang kerja [26]	
		X15	Visualisasi tahapan konstruksi [26]	
		X16	laporan progres pekerjaan [26]	
		X17	Meningkatkan produktivitas dan efisiensi pekerjaan [27]	
		X18	Mengurangi terjadinya kesalahan desain [27]	
Pekerjaan Struktur Hunian Bertingkat Tinggi	Lingkup pekerjaan	X19	validasi jadwal kegiatan [26]	
		X20	Detail gambar dan spesifikasi desain [28]	
		X21	Kompleksitas proyek [28]	
		X22	Jenis pekerjaan [28]	
		X23	Area pekerjaan [28]	
		X24	Ukuran dan nilai proyek [28]	
		Faktor waktu	X25	Waktu yang direncanakan untuk pekerjaan konstruksi [29]
			X26	Waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan VO [29]
			X27	presentase keterlambatan [29]
	X28		Rata-rata keterlambatan dalam persetujuan klaim [29]	
	X29		Rata-rata keterlambatan dalam pembayaran dari owner [29]	
	X30		waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan rework [29]	
	Faktor biaya	X31	Keterlambatan akibat kekurangan material [29]	
		X32	Cash flow proyek [29]	
		X33	harga material dan peralatan [29]	
X34		harga upah [29]		
X35		Kurang nya informasi spek pada saat tender [30]		
X36		eskalasi harga [29]		
X37		Kesalahan dalam Dokumen Kontrak (<i>Bill of Quantity</i>) [30]		
Faktor Kualitas	X38	Pekerja atau sub yang tidak terlatih [31]		
	X39	Kurang nya pelaksana dilapangan [31]		
	X40	Kualitas material [31]		
	X41	Perubahan desain [31]		

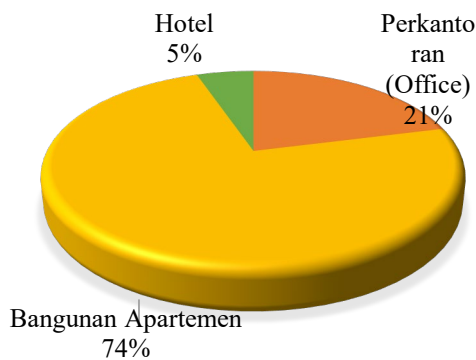
Tabel 7. Tipe proyek responden

No.	Tipikal	Jumlah	Prosentase
1	Perkantoran (office)	8	21,05%
2	Apartemen	28	36,84%
3	Hotel	2	42,10%
	Total	38	100%

Pengujian data dilakukan setelah pendataan, langkah selanjutnya adalah dengan melakukan uji reliabilitas, dengan signifikansi untuk $\alpha=0.05$ dan $dk=38-2 = 36$, dengan uji dua

arah/pihak maka diperoleh $r_{tabel} = 0,3004$, berdasarkan r_{tabel} pada **Tabel 8**.

Proses selanjutnya adalah melakukan menguji setiap reliabilitas setiap variabel pertanyaan (*sub factor*) dengan membandingkan r_{11} dengan r_{tabel} . Nilai r_{11} dihitung dengan menggunakan *Spearman Brown* (persamaan 6). Hasil analisis didapatkan bahwa semua *sub factor* reliabel.



Gambar 8. Tipe proyek yang sedang dilaksanakan responden

Tabel 8. Tingkat signifikansi

Df = (N-2)	Tingkat signifikansi untuk uji satu arah				
	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
	Tingkat signifikansi untuk uji dua arah				
	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
35	0,274	0,324	0,281	0,418	0,518
36	0,270	0,320	0,376	0,412	0,512
37	0,267	0,316	0,371	0,407	0,506
38	0,263	0,312	0,371	0,407	0,506
39	0,260	0,308	0,362	0,397	0,495
40	0,257	0,304	0,357	0,393	0,489
41	0,254	0,300	0,353	0,388	0,484
42	0,251	0,297	0,349	0,384	0,479

Setelah r_{11} setiap *sub factor* terdefiniskan dan hasil kuesioner sudah dinyatakan reliabel pada Uji Reliabilitas, maka proses selanjutnya adalah melakukan Uji Validitas. Uji tersebut akan menunjukkan seberapa handal atau sah dari suatu alat ukur. Alat ukur yang kurang valid berarti memiliki validitas yang rendah. Uji Validitas ini dilakukan dengan Uji-T, dengan persamaan 5. Hasil analisis didapatkan bahwa semua *sub factor* valid.

Dikarenakan penelitian ini terdiri atas 2 variabel bebas, maka untuk menguji hipotesis penelitian ini digunakan uji korelasi ganda. Korelasi ganda digunakan untuk mencari besarnya hubungan antara dua variabel bebas (X) atau lebih secara simultan terhadap variabel terikat. Hasil analisis dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Berdasarkan hasil perhitungan nilai korelasi pada Tabel 8 selanjutnya didapatkan nilai korelasi antar variabel dan korelasi ganda ($r_{x1.x2.y}$) dengan Persamaan 7.

$$r_{x1.x2.y} = \frac{\sqrt{(r_{x1.y})^2 + (r_{x2.y})^2 - 2.(r_{x1.y})(r_{x2.y})(r_{x1.x2})}}{1 - (r_{x1.x2})^2} \tag{7}$$

Dari persamaan 7 didapatkan nilai korelasinya adalah 0,847 yang artinya korelasi sangat kuat. Uji Signifikansi dilakukan dengan Uji F, dengan kaidah pengujian sebagai berikut :

$F_{hitung} > F_{tabel}$ maka H_1 diterima H_0 ditolak

$$F_{hitung} = \frac{\left(\frac{r^2}{k}\right)}{\frac{1-r^2}{n-k-1}} \tag{8}$$

Dari persamaan 8 didapatkan nilai F hitung 44,46 dan F_{tabel} 3,27. Berdasarkan hasil perhitungan F_{hitung} dan F_{tabel} dan kaidah pengujian signifikansi, dapat ditarik kesimpulan bahwa F_{hitung} (sebesar 44.46) > F_{tabel} (sebesar 3,27), maka H_1 diterima - H_0 ditolak artinya terdapat pengaruh yang signifikan antara BIM 4D & M-PERT terhadap pekerjaan struktur hunian bertingkat tinggi.

Tabel 9. Ringkasan hasil korelasi

No.	Simbol	Nilai	Prosentase
1	$r_{X1.Y}$	0,7143	Kuat
2	$r_{X2.Y}$	0,8294	Sangat kuat
3	$r_{X1.X2}$	0,7164	Kuat

Tabel 10. Sepuluh *sub factor* paling berpengaruh

Rank	<i>Sub factor</i>	Nilai
1	Detail gambar dan spesifikasi desain	0,965
2	Schedule Proyek	0,956
3	presentase keterlambatan	0,952
4	Pemodelan aktifitas	0,943
5	Dapat menggabungkan kegiatan proyek ke dalam satu	0,934
6	kemiripan yang lebih tinggi antara jaringan terjadwal dan proyek konstruksi nyata	0,930
7	Perencanaan desain bangunan	0,921
8	mengintegrasikan penjadwalan dan perencanaan	0,912
9	Visualisasi tahapan konstruksi	0,908
10	Meningkatkan produktivitas dan efisiensi pekerjaan	0,899

Langkah selanjutnya melakukan analisis faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam objek penelitian dengan menggunakan metode *Relative Importance Index* (RII). Untuk menghitung *Relative Importance Index* dapat menggunakan persamaan (1). Hasil perhitungan RII dapat dilihat pada **Tabel 10**, **Tabel 11**, dan **Tabel 12**.

Tabel 11. *Main Factor* yang paling berpengaruh

No.	<i>Main factor</i>
1	Lingkup Pekerjaan
2	Faktor Kualitas
3	Faktor Waktu
4	Penjadwalan
5	Faktor Biaya
6	Perencanaan dan pemodelan 4D
7	Simulasi dan Visualisasi

Tabel 12. Variabel yang paling berpengaruh

No.	<i>Main factor</i>
1	Pekerjaan Struktur Bangunan Hunian Bertingkat Tinggi
2	M-PERT
3	BIM 4D

4. Simpulan

Simpulan penelitian ini yaitu terdapat pengaruh yang signifikan antara BIM 4D & M-PERT terhadap pekerjaan struktur hunian bertingkat tinggi. Dari hasil penelitian didapatkan 10 faktor yang berpengaruh terhadap kinerja waktu dengan menggunakan BIM 4D dan M-PERT pada pekerjaan struktur bangunan hunian, antara lain detail gambar, *schedule* proyek, presentase keterlambatan, pemodelan aktivitas, penggabungan kegiatan proyek, kemiripan jaringan, perencanaan desain bangunan, integrasi penjadwalan, visualisasi, dan meningkatkan produktivitas.

Daftar Pustaka

- [1] R. Levin and Kirkpatrick. C.A, *Perentjanaan dan Pengawasan Dengan PERT dan CPM*. Jakarta: Bharatara, 1972.
- [2] M. Gündüz, Y. Nielsen, and M. Özdemir, "Quantification of delay factors using the relative importance index method for construction projects in Turkey," *J. Manag. Eng.*, 2013.
- [3] H. R. Gobi, "Colliers Quarterly Jakarta Apartment and Expat Housing Q4 2019 Report," no. January 2020, pp. 1–7, 2020.
- [4] Sugiyono, *Metode penelitian pendidikan: (pendekatan kuantitatif, kualitatif dan R & D)*. Alfabeta, 2008.
- [5] Y. S. Susilo, "Analisis Pelaksanaan Proyek Dengan Metode CPM Dan PERT (Studi Kasus Proyek Pelaksanaan Main Stadium University of Riau(Multiyears)).," p. 16, 2011.
- [6] I. Raharja, "Analisa Penjadwalan Proyek Dengan Metode Pert Di Pt. Hasana Damai Putra Yogyakarta Pada Proyek Perumahan Tirta Sani," *Bentang*, vol. 2, no. 1, p. 262530, 2014.
- [7] M. A. Alwi and I. Syahrizal, "Analisis Penerapan Sistem Penjadwalan CPM , PERT , Dan LOB Pada Penjadwalan Proyek (Studi Kasus : Pembangunan Gedung Kantor PT . Jasa Asuransi Indonesia – Pematang Siantar)," *J. Tek. Sipil USU*, pp. 1–13, 2015.
- [8] S. Suherman, "Analisa Penjadwalan Proyek Menggunakan PDM dan Pert Serta Crash Project (Studi kasus: Pembangunan Gedung Main Power House PT. Adhi Karya)," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, p. 31, 2016.
- [9] S. Qomariyah and F. Hamzah, "Analisis Network Planning Dengan Cpm (Critical Path Method) Dalam Rangka Efisiensi Waktu Dan Biaya Proyek," vol. 1, no. 4, pp. 408–416, 2013.
- [10] M. Abdelghany, R. Rahwan, I. Abotaleb, A. Fathy, and A. Albughadadi, "Value Engineering Applications to Improve Value in Residential Projects," no. October 2016, pp. 0–10, 2015.
- [11] J. R. Handoko and O. Gondokusumo, "Comparison of PERT and M-PERT scheduling for a construction project in Malang, Indonesia," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 508, no. 1, 2019.
- [12] A. E. Husin, F. Fahmi, S. Rahardjo, I. P. Siregar, and B. D. Kussumardianadewi, "M-PERT and lean construction integration on steel construction works of warehouse buildings," *Int. J. Eng. Adv. Technol.*, vol. 8, no. 4, pp. 696–702, 2019.
- [13] A. E. Husin and C. B. Sulistyanyingtyas, "project by M-PERT utilization Time performance improvement of hospital building structure construction project by M-PERT utilization," vol. 7, no. November 2018, 2019.
- [14] H. A. Wasmi and D. Castro-Lacouture, "Potential Impacts of BIM-Based Cost Estimating in Conceptual Building Design: A University Building Renovation Case Study," *Constr. Res. Congr. 2016 Old New Constr. Technol. Conver. Hist. San Juan - Proc. 2016 Constr. Res. Congr. CRC 2016*, no. August, pp. 408–417, 2016.
- [15] S. Scheer, R. Mendes, T. F. Campestrini, and M. C. Garrido, "On-site BIM model use to integrate 4D/5D activities and construction works: A case study on a brazilian low income housing enterprise," *Comput. Civ. Build. Eng. - Proc. 2014 Int. Conf. Comput. Civ. Build. Eng.*, no. Ferreira 2007, pp. 455–462, 2014.
- [16] J. Jupp, "4D BIM for Environmental Planning and Management," *Procedia Eng.*, vol. 180, pp. 190–201,

- 2017.
- [17] S. M. Jununkar, P. D. S. Aswar, and P. D. L. Mittapalli, "Application of Bim and Construction Process Simulation Using 5D Bim for Residential Building Project," *Int. Res. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 7, pp. 1063–1067, 2017.
- [18] S. Malsane, "Simulate Construction Schedules Using Bim 4D Application To Simulate Construction Schedules Using Bim 4D," no. January, 2017.
- [19] F. Leite, B. Akinci, and J. Garrett, "IDENTIFICATION OF DATA ITEMS NEEDED FOR AUTOMATIC CLASH DETECTION IN MEP DESIGN COORDINATION," pp. 886–895, 2009.
- [20] Riduan, *Skala pengukuran variabel-variabel penelitian*. Bandung: Alfabeta, 2008.
- [21] Sukardi, *Metodologi penelitian pendidikan : kompetensi dan praktiknya / Sukardi*. Jakarta: Bumi Aksara, 2005.
- [22] A. Wael, R. S. N. Saadan, A. Wail, and S. Basel, "Delay Factors Impacting Construction Projects in Sana ' a -Yemen 1," *PM World J.*, vol. VII, no. XII, pp. 1–28, 2018.
- [23] A. Saifuddin, *Reliabilitas dan Validitas*. Yogyakarta: Pustaka Belajar, 2006.
- [24] P. Ballesteros-Pérez, "M-PERT: Manual Project-Duration Estimation Technique for Teaching Scheduling Basics," *J. Constr. Eng. Manag.*, 2017.
- [25] A. E. Husin and R. F. Ashadi, "Metode Penjadwalan M-PERT Sebagai Alternatif Solusi Akurasi Estimasi Waktu Proyek (Review)," no. February, 2019.
- [26] B. J. Gledson and D. Greenwood, "The adoption of 4D BIM in the UK construction industry: An innovation diffusion approach," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, vol. 24, no. 6, pp. 950–967, 2017.
- [27] Y. Y. Al-Ashmori *et al.*, "BIM benefits and its influence on the BIM implementation in Malaysia," *Ain Shams Eng. J.*, vol. 11, no. 4, pp. 1013–1019, 2020.
- [28] W. Soon Han, A. Md Yusof, S. Ismail, and N. Choon Aun, "Reviewing the Notions of Construction Project Success," *Int. J. Bus. Manag.*, vol. 7, no. 1, 2011.
- [29] P. P. Bhangale, "Analysis of critical success factors for high rise buildings," *Int. J. Latest Trends Eng. Technol.*, vol. 7, no. 2, pp. 159–165, 2016.
- [30] J. K. Larsen, G. Q. Shen, S. M. Lindhard, and T. D. Brunoe, "Factors Affecting Schedule Delay, Cost Overrun, and Quality Level in Public Construction Projects," *J. Manag. Eng.*, vol. 32, no. 1, p. 04015032, 2016.
- [31] O. A. Oyedele, "Factors Affecting Quality of Construction Projects in Swaziland," no. 2005, 2017.