

# Faktor-Faktor Berpengaruh dalam Penerapan *Critical Chain Project Management* dan *Building Information Modeling (BIM) 4D* pada Pekerjaan Struktur Gedung Hunian Bertingkat Tinggi

Adriansyah<sup>1</sup>, Paksi Dwiyanto Wibowo<sup>2</sup>, M.Ali Amran<sup>3</sup>

<sup>1</sup> PT Total Bangun Persada Tbk

<sup>2</sup> PT Wijaya Karya Pracetak Gedung

<sup>3</sup> PT Wijaya Karya Bangunan Gedung

Email: [adriansyah\\_8212@yahoo.co.id](mailto:adriansyah_8212@yahoo.co.id), [paksi\\_dw@yahoo.com](mailto:paksi_dw@yahoo.com), [aliamran.kgs888@gmail.com](mailto:aliamran.kgs888@gmail.com)

## Abstract

*The need of residential in Indonesia, especially in the big cities and limited of land availability that caused the price increasing, therefore residential investment of high rise building was growing up. The highly people need is directly proportional with increasing number of residential high rise building. In construction phase, the most obstacle that frequently faced is project delay that caused ineffective of planning and scheduling by the contractors. This research discusses most influence factors of implementation Critical Chain Project Management when scheduling phase with BIM 4D by using statistic method Relative Importance Index (RII). There are 38 respondents as position site engineering, project planning and project manager. The result of this study showed that 10 most influence factors are: timely performance, scheduling accuracy, faster completion time, minimizing project duration, effective communication and coordination between project teams, understanding the stages of work, critical chains, project buffers, feeder buffers, simulations and scheduling visualization.*

**Keywords:** *critical chain, BIM 4D, high-rise building, relative importance index*

## Abstrak

Kebutuhan hunian di Indonesia khususnya di kota besar yang tinggi serta ketersediaan lahan yang terbatas mengakibatkan harga meningkat, sehingga investasi hunian *high rise building* berkembang pesat. Tingginya kebutuhan masyarakat tersebut berbanding lurus dengan peningkatan jumlah pembangunan bangunan hunian gedung bertingkat tinggi. Dalam pelaksanaan pembangunan tersebut permasalahan yang sering dihadapi adalah keterlambatan pelaksanaan akibat perencanaan dan penjadwalan tidak efektif oleh kontraktor. Penelitian ini membahas mengenai faktor-faktor yang berpengaruh pada penerapan *Critical Chain Project Management* pada proses penjadwalan dengan *BIM 4D* dengan menggunakan metode statistik *Relative Importance Index (RII)*. Terdapat 38 responden yang dituju pada penelitian ini yaitu kontraktor pelaksana khususnya yang berperan sebagai *site engineering, project planning* dan *site manager*. Hasil penelitian menunjukkan 10 faktor berpengaruh meliputi: kinerja tepat waktu, akurasi penjadwalan, waktu penyelesaian lebih cepat, meminimalkan durasi proyek, komunikasi dan koordinasi yang efektif di antara tim proyek, pemahaman tahapan pekerjaan, rantai kritis, *project buffer, feeder buffer*, simulasi dan visualisasi penjadwalan.

**Kata kunci:** *critical chain, BIM 4D, high-rise building, relative importance index*

## 1. PENDAHULUAN

Seiring bertambahnya jumlah penduduk, kebutuhan hunian terutama di kota-kota besar di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya. Namun ketersediaan lahan kosong semakin terbatas disertai harga semakin melambung tinggi. Sehingga lahirnya fenomena investasi hunian dalam bentuk *high-rise building*. Dengan potensi investasi yang besar ini maka investor akan menuntut kinerja waktu yang cepat dan biaya

yang efektif. Untuk proyek berskala besar dengan jumlah kegiatannya yang sangat besar serta rumitnya ketergantungan/keterkaitan antar kegiatan. Penjadwalan menjadi kompleksitas dan sangat penting supaya kegiatan dapat dilaksanakan dengan efisien.

Keterlambatan umum terjadi pada proyek konstruksi. Keterlambatan proyek konstruksi disebabkan oleh banyak faktor. Salah satunya adalah ketidakefisienan waktu yang disebabkan oleh faktor kesalahan dalam melakukan estimasi

waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek pada tahap perencanaan Lukas (2007). Menurut Akhund *et al.* (2017) salah satu faktor penyebab keterlambatan adalah perencanaan dan penjadwalan tidak efektif oleh kontraktor. Salah satu usaha untuk mengantisipasi keterlambatan durasi kegiatan konstruksi adalah dengan melakukan optimalisasi durasi kegiatan.

Penelitian Ma *et.al* (2014) menyimpulkan bahwa *Critical Chain Project Management (CCPM)* dapat meningkatkan kinerja waktu proyek dengan menggunakan *buffer time*. Menurut hasil penelitian Shurrab (2015), metode CCPM menghasilkan efisiensi durasi rata-rata 13%.

Menurut Garrido *et.al* (2017) simulasi dan visualisasi BIM 4D dapat meningkatkan efisiensi dalam proses perencanaan proyek konstruksi dan Simulasi 4D dalam hal kontrol visual dinyatakan 40% lebih tinggi dibandingkan dengan perencanaan konvensional. BIM 4D dapat mengidentifikasi aktivitas overlapping dan menganalisis tingkat risiko untuk masalah overlap jadwal (Moon *et.al*, 2015). *Critical Chain Project Management (CCPM)* sebagai metode alternatif penjadwalan yang memperkenalkan mekanisme baru untuk mengelola ketidakpastian dalam proyek (Ghaffari & Emsley, 2015).

Pekerjaan struktur atas memiliki peranan yang amat vital pada proses konstruksi karena hampir seluruh komponen utama pekerjaan struktur terletak pada jalur kritis dalam penjadwalan proyek yang telah direncanakan. Oleh karena itu, apabila terjadi keterlambatan pada salah satu pekerjaan struktur yang terletak pada jalur kritis, akan menyebabkan keterlambatan terhadap pekerjaan selanjutnya apabila tidak diberikan tindakan penanggulangan.

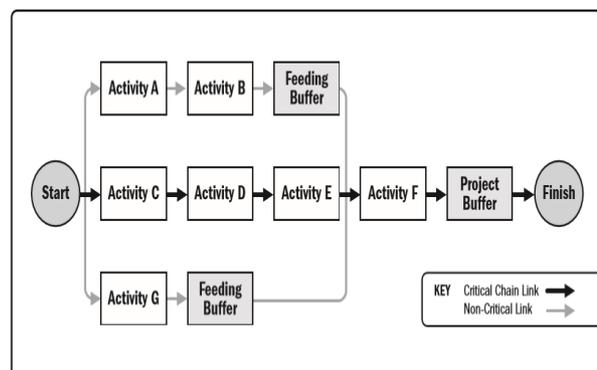
Dengan latar belakang diatas maka dilakukan penelitian ini dalam menganalisis faktor – faktor paling berpengaruh terhadap penerapan *Critical Chain Project Management* dan *BIM 4D* pada pekerjaan struktur atas bangunan hunian bertingkat tinggi.

## 2. LANDASAN TEORI

### *Critical Chain Project Management*

*Critical Chain Project Management* didefinisikan sebagai rantai terpanjang dari kejadian - kejadian yang saling berkaitan, dimana keterkaitan satu sama lain tersebut terletak pada pekerjaan atau sumber daya yang saling berhubungan (Kerzner, 2006). Persyaratan dalam metode *Critical Chain Project Management* ini adalah tidak adanya *multitasking*, *Student's Syndrome*, *Parkinson's law*, *As late as possible*, menghilangkan *hidden safety* dan memindahkannya dalam bentuk buffer di belakang proyek, dan menitik beratkan pada penyelesaian akhir proyek. Metodologi dengan manajemen *buffer* digunakan untuk mengedepankan pekerjaan-pekerjaan dengan batasan-batasan (*constrains*) terhadap ketersediaan sumber daya yang menjadi penyebab terjadinya penundaan/keterlambatan pelaksanaan di dalam proyek konstruksi.

Manajemen *buffer* adalah kunci untuk mengatur aktivitas pada rantai kritis jadwal proyek. Metodologi rantai kritis tidak dapat terlaksana tanpa manajemen *buffer* (Kerzner, 2006) . Ada tiga macam ketidakpastian didalam perencanaan dan penjadwalan proyek yakni ketidakpastian waktu aktivitas, ketidakpastian waktu alur, dan ketidakpastian sumber daya (Leach, 2000). Untuk mengatur ketidakpastian di dalam proyek-proyek konstruksi maka digunakan manajemen buffer untuk membuat penilaian atas kebutuhan dari buffer pada setiap aktivitas. Alokasi buffer pada critical chain method dapat dilihat di gambar 1 dibawah ini.



**Gambar 1. Buffer pada critical chain**

Proses utama dalam menerapkan penyangga/*buffer* di dalam proyek- proyek konstruksi adalah :

1. Rencanakan jadwal konstruksi menggunakan pendekatan CPM /PDM
2. Identifikasi dan estimasi waktu pengaman untuk masing-masing aktivitas.
3. Potong setengah waktu perkiraan pengerjaan dengan probabilitas 50% dengan menggunakan metode cut and paste (C&PM) jalur kritis
4. Pisahkan sumber daya yang mengalami konflik.

5. Identifikasi jaringan yang kritis dari kejadian yang saling ketergantungan.
6. Sisikan *Buffer* Proyek
7. Masukkan waktu pengaman (*buffer* proyek)
8. Tambahkan/Sisipkan *feeding buffer*
9. Tempatkan/Sisipkan *buffer* sumber daya

### Building Information Modeling (BIM) 4D

*Building Information Modeling* (BIM) merupakan sistem, manajemen, metode atau urutan pengerjaan suatu proyek yang diterapkan berdasarkan informasi terkait dari keseluruhan aspek bangunan yang dikelola dan kemudian diproyeksikan kedalam model 3 dimensi. (Wong, 2010).



**Gambar 2. Dimensi BIM dalam Proyek Konstruksi**

Menurut Soemardi (2014) Keuntungan dari Building Information Modeling (BIM) sebagai berikut:

1. Meminimalisir desain *lifecycle* dengan meningkatkan kolaborasi antara owner, konsultan dan kontraktor
2. Kualitas tinggi dan akurasi dokumentasi dari proses konstruksi
3. Teknologi BIM digunakan untuk siklus hidup seluruh bangunan, termasuk fasilitas operasi dan pemeliharaan
4. Produk dengan kualitas tinggi dan memperkecil kemungkinan konflik
5. Pemotongan biaya proyek dan meminimalisir limbah bahan konstruksi
6. Meningkatkan manajemen konstruksi.

BIM 4D merupakan penggabungan model 3d dengan penjadwalan untuk memvisualisasikan dan simulasi proses tahapan konstruksi. 4D Model memungkinkan perencana untuk berkomunikasi secara visual dan merencanakan kegiatan dalam konteks ruang dan waktu.



**Gambar 3. Ilustrasi BIM 4D**

### Pekerjaan Struktur Atas

Pekerjaan struktur atas didefinisikan sebagai pekerjaan pada element element struktur yang berada di atas permukaan tanah. Untuk gedung bertingkat umumnya pekerjaan struktur atas berbentuk podium dan tower. Secara garis besar, pekerjaan struktur atas terdiri dari 3 pekerjaan utama, yaitu pekerjaan pembesian, pekerjaan bekisting, dan proses pengecoran. Pekerjaan yang termasuk dalam pekerjaan struktur atas adalah pekerjaan kolom, balok, pelat, shearwall, dan atap. Metode pelaksanaan pekerjaan struktur atas adalah sebagai berikut :

1. Pekerjaan bekisting
2. Pekerjaan pembesian
3. Pekerjaan pengecoran
4. Pekerjaan perawatan beton

### 3. METODE

Metodologi penelitian dapat dirangkum sebagai berikut: Pengumpulan data kuesioner dilakukan dengan menyebarkan kuesioner angket kepada target responden yang berpengalaman di perusahaan kontraktor termasuk *site engineering*, *project planning* dan *site manager*. Survei yang dilakukan menyebarkan 38 paket kuesioner. Data yang terkumpul dianalisis melalui metode RII. Analisis menampilkan faktor-faktor dan kelompok-kelompok yang paling berpengaruh dalam penerapan *Critical Chain Project Management* dan *BIM 4D* pada pekerjaan struktur atas proyek bangunan gedung hunian bertingkat tinggi. Indek 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 faktor. Perhitungan nilai rata-rata RII dijadikan sebagai nilai RII untuk masing-masing main faktor yang terkandung sub faktor. Hasilnya berupa peringkat dari sub faktor, main faktor dan variabel. RII dihitung dengan persamaan

sebagai berikut (Gündüz, Nielsen, & Özdemir, 2013):

$$RII = \frac{\sum W}{(A \times N)} \quad (1)$$

Dimana:

RII = *Relative Importance Index*

W = *Weight*

A = Bobot tertinggi

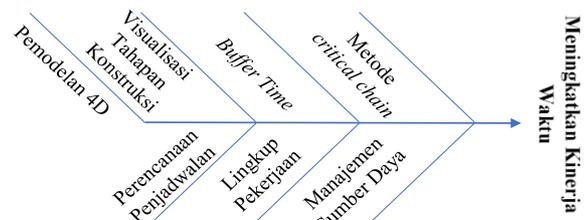
N = Total responden

Pada penelitian ini terdapat 41 faktor-faktor dari 3 variabel utama yang berbeda diidentifikasi dan dikategorikan ke dalam 8 main faktor yang disajikan dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1 Data Faktor-faktor Analisis RII**

VARIABEL	MAIN FACTOR	SUB FACTOR	REFERENSI
CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT	Metode Critical Chain	X 1 Waktu penyelesaian lebih cepat	Repp, 2012
		X 2 Meminimalkan Durasi Proyek	Repp, 2012
		X 3 Jalur Kritis	Repp, 2012
		X 4 Rantai kritis	Repp, 2012
		X 5 Tidak adanya Multitasking	Repp, 2012
		X 6 Menghilangkan Student syndrom & Parkinsc	Repp, 2012
		X 7 Meningkatkan Kemampuan penjadwalan	Repp, 2012
	Waktu Penyangga (Buffer Time)	X 8 Project Buffer	Repp, 2012
		X 9 Feeder Buffer	Repp, 2012
		X 10 Resource Buffer	Repp, 2012
		X 11 Mengelola Risiko	Repp, 2012
		X 12 Menghilangkan waktu pengaman	Repp, 2012
		X 13 Keterbatasan Sumber daya	Repp, 2012
BIM 4D	Visualisasi Tahapan Kontruksi	X 14 Komunikasi dan Koordinasi yang efektif di antara tim proyek	Gledson, 2017
		X 15 Pemahaman Tahapan Pekerjaan	Gledson, 2017
		X 16 Identifikasi aktivitas pekerjaan	Gledson, 2017
		X 17 Hubungan logis aktivitas	Gledson, 2017
		X 18 Penilaian durasi aktivitas	Gledson, 2017
	Pemodelan 4D	X 19 Simulasi dan Visualisasi penjadwalan	Gledson, 2017
		X 20 Visualisasi proses perencanaan	Gledson, 2017
		X 21 Perencanaan site layout	Gledson, 2017
		X 22 Reduksi Risiko	Gledson, 2017
		X 23 Perencanaan metode konstruksi	Gledson, 2017
PEKERJAAN STRUKTUR ATAS	Perencanaan & Penjadwalan	X 24 Kinerja tepat waktu	Han, 2012
		X 25 Pemilihan Teknologi dan Metode Konstruksi yang efektif	Han, 2012
		X 26 Akurasi penjadwalan	Han, 2012
		X 27 Alokasi sumber daya	Han, 2012
	Lingkup Pekerjaan	X 28 Detail Gambar dan Spesifikasi desain	Han, 2012
		X 29 Kompleksitas proyek	Han, 2012
		X 30 Jenis Pekerjaan	Han, 2012
		X 31 Area Pekerjaan	Han, 2012
	Manajemen dan Sumber Daya	X 32 Ukuran dan nilai proyek	Han, 2012
		X 33 Perubahan Desain	Han, 2012
		X 34 Persetujuan gambar kerja	Han, 2012
		X 35 Produktivitas tenaga kerja	Han, 2012
	Eksternal	X 36 Produktivitas alat	Han, 2012
		X 37 Ketersediaan Sumber Daya	Han, 2012
X 38 Pemilihan subkontraktor yang kompeten		Han, 2012	
X 39 Kondisi Cuaca		Han, 2012	
X 40 Kondisi Lapangan		Han, 2012	
X 41 Kecelakaan Kerja		Han, 2012	

Variabel, main faktor dan sub faktor sudah diperoleh, tahap selanjutnya menyusun diagram Ishikawa. Diagram *Ishikawa* terdiri dari dua bagian yaitu tujuan dan main faktor penelitian. Diagram ini disajikan dalam bentuk gambar yang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Diagram Ishikawa**

#### 4. HASIL DAN DISKUSI

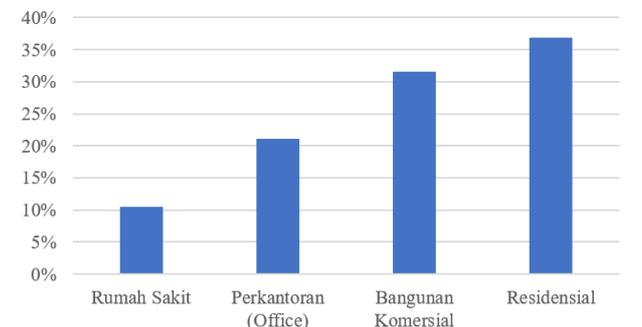
##### Analisa Data

Terdapat 38 responden yang dituju pada penelitian ini yaitu kontraktor pelaksana khususnya yang berperan sebagai *site engineering* (69%), *project planning* (18%) dan *site manager* (13%). Posisi responden dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5. Persentase responden berdasarkan posisi jabatan**

Jenis proyek yang dihadapi oleh responden beragam mulai dari rumah sakit (11%), perkantoran (21%), bangunan komersial (32%) dan residensial (36%). Persentase jenis proyek dapat dilihat dalam Gambar 6.



**Gambar 6. Persentase jenis proyek**

##### Uji Validitas dan Realibilitas

Hasil kuisisioner yang sudah direkapitulasi akan dilakukan uji validitas dan reliabilitas yang diperlihatkan pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Uji Validitas dan Realibilitas Sub Faktor

	Sub Factor	r Hitung	r Tabel	t Hitung	t Tabel	Validitas	r11	Reliabilitas
X 1	Waktu penyelesaian lebih cepat	0,356	0,320	2,287	2,024	Valid	0,525	Reliabel
X 2	Meminimalkan Durasi Proyek	0,510	0,320	3,559	2,024	Valid	0,676	Reliabel
X 3	Jalur Kritis	0,480	0,320	3,279	2,024	Valid	0,648	Reliabel
X 4	Rantai kritis	0,441	0,320	2,952	2,024	Valid	0,613	Reliabel
X 5	Tidak adanya Multitasking	0,491	0,320	3,386	2,024	Valid	0,659	Reliabel
X 6	Menghilangkan Student syndrom & Parkinson Law	0,570	0,320	4,158	2,024	Valid	0,726	Reliabel
X 7	Meningkatkan Kemampuan penjadwalan	0,534	0,320	3,792	2,024	Valid	0,696	Reliabel
X 8	Project Buffer	0,453	0,320	3,048	2,024	Valid	0,623	Reliabel
X 9	Feeder Buffer	0,322	0,320	2,040	2,024	Valid	0,487	Reliabel
X 10	Resource Buffer	0,329	0,320	2,087	2,024	Valid	0,495	Reliabel
X 11	Mengelola Risiko	0,457	0,320	3,083	2,024	Valid	0,627	Reliabel
X 12	Menghilangkan waktu pengaman	0,386	0,320	2,513	2,024	Valid	0,557	Reliabel
X 13	Keterbatasan Sumber daya	0,561	0,320	4,064	2,024	Valid	0,719	Reliabel
X 14	Komunikasi dan Koordinasi yang efektif di antara tim proyek	0,327	0,320	2,078	2,024	Valid	0,493	Reliabel
X 15	Pemahaman Tahapan Pekerjaan	0,485	0,320	3,326	2,024	Valid	0,653	Reliabel
X 16	Identifikasi aktivitas pekerjaan	0,631	0,320	4,885	2,024	Valid	0,774	Reliabel
X 17	Hubungan logis aktivitas	0,340	0,320	2,171	2,024	Valid	0,508	Reliabel
X 18	Penilaian durasi aktivitas	0,476	0,320	3,250	2,024	Valid	0,645	Reliabel
X 19	Simulasi dan Visualisasi penjadwalan	0,465	0,320	3,147	2,024	Valid	0,634	Reliabel
X 20	Visualisasi proses perencanaan	0,484	0,320	3,315	2,024	Valid	0,652	Reliabel
X 21	Perencanaan site layout	0,379	0,320	2,457	2,024	Valid	0,550	Reliabel
X 22	Reduksi Risiko	0,387	0,320	2,518	2,024	Valid	0,558	Reliabel
X 23	Perencanaan metode konstruksi	0,338	0,320	2,153	2,024	Valid	0,505	Reliabel
X 24	Kinerja tepat waktu	0,371	0,320	2,400	2,024	Valid	0,542	Reliabel
X 25	Pemilihan Teknologi dan Metode Konstruksi yang efektif	0,524	0,320	3,687	2,024	Valid	0,687	Reliabel
X 26	Akurasi penjadwalan	0,438	0,320	2,924	2,024	Valid	0,609	Reliabel
X 27	Alokasi sumber daya	0,386	0,320	2,508	2,024	Valid	0,557	Reliabel
X 28	Detail Gambar dan Spesifikasi desain	0,523	0,320	3,678	2,024	Valid	0,686	Reliabel
X 29	Kompleksitas proyek	0,434	0,320	2,888	2,024	Valid	0,605	Reliabel
X 30	Jenis Pekerjaan	0,548	0,320	3,936	2,024	Valid	0,708	Reliabel
X 31	Area Pekerjaan	0,628	0,320	4,838	2,024	Valid	0,771	Reliabel
X 32	Ukuran dan nilai proyek	0,459	0,320	3,097	2,024	Valid	0,629	Reliabel
X 33	Perubahan Desain	0,520	0,320	3,650	2,024	Valid	0,684	Reliabel
X 34	Persetujuan gambar kerja	0,480	0,320	3,286	2,024	Valid	0,649	Reliabel
X 35	Produktivitas tenaga kerja	0,412	0,320	2,710	2,024	Valid	0,583	Reliabel
X 36	Produktivitas alat	0,338	0,320	2,155	2,024	Valid	0,505	Reliabel
X 37	Ketersediaan Sumber Daya	0,354	0,320	2,273	2,024	Valid	0,523	Reliabel
X 38	Pemilihan subkontraktor yang kompeten	0,653	0,320	5,178	2,024	Valid	0,790	Reliabel
X 39	Kondisi Cuaca	0,361	0,320	2,324	2,024	Valid	0,531	Reliabel
X 40	Kondisi Lapangan	0,375	0,320	2,424	2,024	Valid	0,545	Reliabel
X 41	Kecelakaan Kerja	0,363	0,320	2,335	2,024	Valid	0,532	Reliabel

Hasil Valid	= Jika nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$
Hasil Tidak Valid	= Jika nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$

Hasil Reliabel	= Jika nilai $r_{11} > r_{tabel}$
Hasil Tidak Reliabel	= Jika nilai $r_{11} > r_{tabel}$

Tabel 2 menunjukkan bahwa 41 sub faktor pada penelitian ini memiliki nilai  $t_{hitung}$  yang lebih besar dari  $t_{tabel} = 2,024$  dan nilai  $r_{11}$  dari masing-masing sub faktor sudah lebih besar dari  $r_{tabel} = 0,320$  sehingga dapat disimpulkan bahwa sub faktor dalam penelitian ini memiliki hasil yang Valid dan Reliabel. 41 sub faktor yang sudah diuji validitas dan reliabilitas selanjutnya akan dilakukan analisis dengan menggunakan *Relative Importance Index* (RII) untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh dalam penerapan *Critical Chain Project Management* dan *BIM 4D* pada pekerjaan struktur atas bangunan gedung bertingkat tinggi.

**Hasil Analisis RII**

Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan metode RII dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3.** Rekapitulasi Ranking Main Faktor dan Sub Faktor

VARIABEL	MAIN FACTOR	SUB FACTOR	Sub Factor		Main Factor		Variabel	
			RII	Rank	Mean RII	Rank	Mean RII	Rank
CRITICAL CHAIN PROJECT MANAGEMENT	Metode Critical Chain	X 1	0,904	3	0,841	1	0,811	1
		X 2	0,899	4				
		X 3	0,811	15				
		X 4	0,864	7				
		X 5	0,825	12				
		X 6	0,820	13				
		X 7	0,768	22				
	Waktu Penyangga (Buffer Time)	X 8	0,855	8	0,781	4		
		X 9	0,842	9				
		X 10	0,816	14				
		X 11	0,732	25				
		X 12	0,724	26				
		X 13	0,719	27				
BIM 4D	Visualisasi Tahapan Kontruksi	X 14	0,895	5	0,813	3		
		X 15	0,886	6				
		X 16	0,807	16				
		X 17	0,741	23				
	Pemodelan 4D	X 18	0,737	24	0,755	5		
		X 19	0,833	10				
		X 20	0,829	11				
		X 21	0,711	28				
PEKERJAAN STRUKTUR ATAS	Perencanaan & Penjadwalan	X 22	0,706	29	0,838	2		
		X 23	0,697	30				
		X 24	0,943	1				
		X 25	0,803	17				
	Lingkup Pekerjaan	X 26	0,912	2	0,700	7		
		X 27	0,693	31				
		X 28	0,785	20				
		X 29	0,689	32				
		X 30	0,684	33				
	Manajemen dan Sumber Daya	X 31	0,675	34	0,702	6		
		X 32	0,667	35				
X 33		0,798	18					
X 34		0,794	19					
X 35		0,662	36					
Eksternal	X 36	0,658	37	0,671	8			
	X 37	0,654	38					
	X 38	0,649	39					
	X 39	0,776	21					
		X 40	0,636	40				
		X 41	0,601	41				

Tabel 3 menunjukkan bahwa 10 sub faktor paling berpengaruh pada penerapan *Critical Chain Project Management* dan *BIM 4D* pada pekerjaan struktur atas bangunan gedung bertingkat tinggi dengan masing-masing index meliputi: kinerja tepat waktu (0,943), akurasi penjadwalan(0,912), waktu penyelesaian lebih cepat (0,904), meminimalkan durasi proyek (0,899), komunikasi dan koordinasi yang efektif di antara tim proyek (0,895), pemahaman tahapan pekerjaan (0,886), rantai kritis (0,864), *project buffer* (0,855), *feeder buffer* (0,842), simulasi dan visualisasi penjadwalan (0,833). Sedangkan 5 main faktor paling berpengaruh dengan masing-masing index meliputi: Metode Critical Chain (0,841), Perencanaan & Penjadwalan (0,838), Visualisasi Tahapan Kontruksi (0,813), Waktu Penyangga/*Buffer Time* (0,781) dan Pemodelan 4D (0,755). Variabel paling berpengaruh pada penelitian ini diperoleh variabel *critical chain project management* (0,811), kemudian variabel BIM 4D (0,784) dan terakhir variabel pekerjaan struktur atas (0,728).

Rekapitulasi sub faktor yang paling berpengaruh dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4.** Rekapitulasi RII untuk Sub Faktor

RANK	Sub Factor	RII
1	Kinerja tepat waktu	0,943
2	Akurasi penjadwalan	0,912
3	Waktu penyelesaian lebih cepat	0,904
4	Meminimalkan Durasi Proyek	0,899
5	Komunikasi dan Koordinasi yang efektif di antara tim proyek	0,895
6	Pemahaman Tahapan Pekerjaan	0,886
7	Rantai kritis	0,864
8	Project Buffer	0,855
9	Feeder Buffer	0,842
10	Simulasi dan Visualisasi penjadwalan	0,833

Untuk main faktor paling berpengaruh dapat dilihat pada Tabel 5.

**Tabel 5.** Rekapitulasi RII untuk Main Faktor

RANK	Main Factor	RII
1	Metode Critical Chain	0,841
2	Perencanaan & Penjadwalan	0,838
3	Visualisasi Tahapan Kontruksi	0,813
4	Waktu Penyangga (Buffer Time)	0,781
5	Pemodelan 4D	0,755
6	Manajemen dan Sumber Daya	0,702
7	Lingkup Pekerjaan	0,700
8	Eksternal	0,671

Variabel paling berpengaruh dapat dilihat pada Tabel 6.

**Tabel 6.** Rekapitulasi RII untuk Variabel

RANK	Variabel	RII
1	<i>Critical Chain Project Management</i>	0,811
2	BIM 4D	0,784
3	Pekerjaan Struktur Atas	0,728

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor yang berpengaruh dalam penerapan *critical chain project management* dan *building information modeling (BIM) 4D* pada pekerjaan struktur atas proyek bangunan gedung bertingkat tinggi meliputi: kinerja tepat waktu, akurasi

penjadwalan, waktu penyelesaian lebih cepat, meminimalkan durasi proyek, komunikasi dan koordinasi yang efektif di antara tim proyek, pemahaman tahapan pekerjaan, rantai kritis, *project buffer*, *feeder buffer*, simulasi dan visualisasi penjadwalan.

## REFERENSI

- Akhund, M. A., Khoso, A. R., Memon, U., Khahro, S. H., & Uet, M. (2017). *Time Overrun in Construction Projects of Developing Countries*, (5), 124–129.
- Candelario-Garrido, A., García-Sanz-Calcedo, J., & Reyes Rodríguez, A. M. (2017). A quantitative analysis on the feasibility of 4D Planning Graphic Systems versus Conventional Systems in building projects. *Sustainable Cities and Society*, 35(August), 378–384.
- Ghaffari, M., & Emsley, M. W. (2015). Current Status and Future Potential of the Research on Critical Chain Project Management. *PM World Journal*, IV(Ix), 1–25.
- Gündüz, Murat, Yasemin Nielsen, dan Mustafa Özdemir. 2013. "Quantification of Delay Factors Using the Relative Importance Index Method for Construction Projects in Turkey." *Journal of Management in Engineering* 29(2): 133–39. [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000129](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000129).
- Kerzner, H. (2006). *Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling* (Ninth Edit). Canada: John Wiley & Sond.
- Lukas, J. A. (2007). Is your schedule correct? Common scheduling mistakes and how to avoid them. *PMI Global Congress 2007-North America, Atlanta, GA. Newtown Square, PA: Project Management Institute*.
- Ma, G., Wang, A., Li, N., Gu, L., & Ai, Q. (2014). Improved Critical Chain Project Management Framework for Scheduling Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 140(12), 4014055.
- Moon, H., Kim, H., Kamat, V. R., & Kang, L. (2015). BIM-Based Construction Scheduling Method Using Optimization Theory for Reducing Activity Overlaps. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 29(3), 4014048.
- Shurrab, M. (2015). Traditional Critical Path Method versus Critical Chain Project

- Management: A Comparative View. *International Journal of Economics & Management Sciences*, 4(9), 4–9.
- Soemardi, B. W., & Rayendra. (2014). Studi Aplikasi Teknologi Building Information Modeling Untuk Pra-Konstruksi, 14–21.
- Wong, A. K. D., Wong, F. K. W., & Nadeem, A. (2010). Attributes of building information modelling implementations in various countries. *Architectural Engineering and Design Management*, 6(SPECIAL ISSUE), 288–302.