

**OPTIMALISASI OPERASIONAL TOWER CRANE PADA PEKERJAAN ARSITEKTURAL  
PELAKSANAAN KONSTRUKSI GEDUNG BERTINGKAT TINGGI 168 METER  
(PROYEK HOLLAND VILLAGE JAKARTA)**

**Suharianto<sup>1</sup>, Syahril Taufik<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Pasca Sarjana  
Email : [Suharianto@Nusakonstruksi.com](mailto:Suharianto@Nusakonstruksi.com)

<sup>2</sup>Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil Fakultas Pasca Sarjana  
Email : [syahril\\_taufik@istn.ac.id](mailto:syahril_taufik@istn.ac.id)  
Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta

**ABSTRACT**

This thesis discusses the operation of tower cranes in high-rise building construction. In the implementation of high-rise building projects, tower crane vertical transportation operations are very decisive as the most important means for lifting and transporting material supply on each working floor. The Holland Village Jakarta project is experiencing obstacles to the efficiency of construction completion which has not been in accordance with duration of the time schedule set. For this reason, an analysis of the optimization of tower crane operations is carried out in terms of human resource factors, material resources, method resources, and environmental conditions. And also carried out an analysis of risk management so as to achieve optimization of tower crane vertical transportation operations. The approach taken is to use risk management based on the dominant risk response analysis to make relevant strategic decisions. The configuration of 3 tower cranes is carried out by analyzing hierarchical decisions using the Analytical Hierarchy Process (AHP) method with the selection of the best alternative configuration. The results of the hierarchy of dominant response criteria in sequence, namely: economic/cost criteria, time efficiency, ease of implementation, and criteria for transportation of architectural materials. The alternative configuration of the KTC-3 tower crane is effective as a weight value of 33.78% with a change in position configuration from the existing tower configuration. The duration of construction can be optimized by 10 days in 5.5%.

**Keywords:** tower crane, risk response, AHP, configuration, duration

**1. PENDAHULUAN**

Konstruksi seperti industri-industri yang lainnya, mempunyai tingkat risiko yang tinggi, dimulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, sampai dengan tahap pengoperasian bangunan. Semakin besar sebuah proyek konstruksi maka akan semakin banyak pula permasalahan yang akan timbul dan semakin besar pula tingkat risiko kegagalan proyek konstruksi tersebut (Gunawan et al., 2015).

Proyek gedung bertingkat tinggi pada umumnya menggunakan Tower Crane (TC) sebagai alat pemindah material karena jangkauannya luas dan ketinggiannya dapat disesuaikan menurut kebutuhan bangunan yang tinggi. Namun pemakaian TC memiliki kendala yaitu mahal biaya sewa dan biaya operasional. Sedangkan proyek gedung tinggi

memiliki jangkauan area yang sangat luas dan elevasi yang tinggi. Oleh karena itu kontraktor harus menempatkan TC yang tepat agar penggunaan TC tersebut dapat efisien sehingga dapat mereduksi waktu dan biaya penggunaan TC (Rahman, 2012)

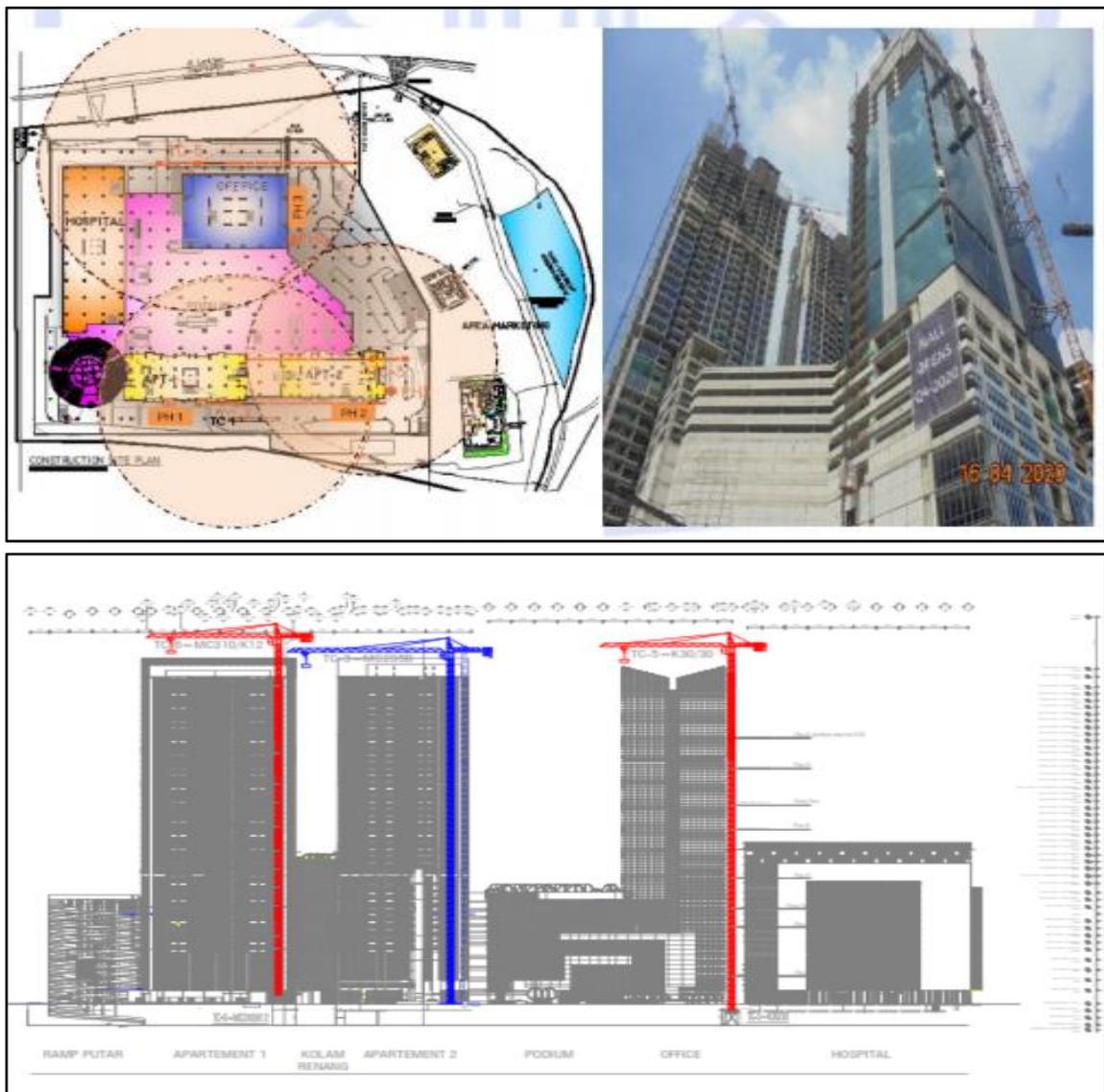
Transportasi vertikal tower crane akan menjadi penyebab keterlambatan penyelesaian pekerjaan di proyek apabila produktifitas supply material terlambat atau tidak terpenuhi akibat dari transportasi vertikal tower crane tidak dapat bekerja secara efektif dan efisien, oleh karena itu di perlukan optimalisasi transportasi vertikal tower crane agar dapat menunjang kemajuan serta kelancaran proyek, baik untuk tiap item pekerjaan maupun secara keseluruhan (Maulana, 2020).

Proyek Holland Village Jakarta merupakan gedung mixed use yang terdiri dari 2 Tower Apartement (44 lantai), Office Tower (37 lantai), Hospital (18 lantai) dan juga rencananya terdapat Mall dan Universitas di area tersebut. Proyek Holland Village Jakarta menggunakan 3 unit tower crane untuk penyelesaian pekerjaan arsitektural proyek tersebut. Analisis dilakukan untuk meng-optimalisasi operasional tower crane ditinjau dari faktor-faktor sumber daya manusia, sumber daya material, sumber daya metode dan kondisi lingkungan, dan juga menganalisis pengelolaan manajemen resiko

sehingga tercapainya optimalisasi operasional transportasi vertikal tower crane pada konstruksi pekerjaan arsitektural gedung bertingkat tinggi 168 meter di Jakarta.

## 2. OPERASIONAL TOWER CRANE

Setiap pelaksanaan proyek pembangunan gedung bertingkat selalu di lengkapi dengan sarana transportasi vertikal Tower Crane. Gambar 1 berikut ini memperlihatkan penempatan lokasi tower crane sebanyak 3 (tiga) unit dengan tipe yang sejenis.



Gambar 1 Posisi tower crane Proyek HVJ

Tower crane mampu menjangkau tempat yang mampu menjangkau tempat yang jauh, mempunyai kapasitas angkut yang besar, dan dapat diatur mengikuti ketinggian bangunan. Pemilihan dan penempatan tower crane harus sebaik mungkin agar dapat mengangkut material secara maksimal dan menjangkau seluruh wilayah proyek dengan menggunakan panjang lengan (jib length). Semakin jauh radius jib, maka kemampuan angkat menurun. Perhitungan kapasitas tower crane didasarkan pada perhitungan (Rochmanhadi, 1993):

1. Pelaksanaan volume yang dikerjakan per siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam, rumus perhitungan per jam, adalah:

$$Q = q \times (60/Cm) \times E \dots\dots\dots (1)$$

Dimana:  $Q$  = Produksi per jam dari alat (m/jam),  $q$  = Produksi alat dalam satu siklus (m),  $Cm$  = Waktu siklus dalam menit, dan  $E$  = Efisiensi Kerja

2. Perhitungan waktu siklus ( $CT$ ) tower crane:

$$CT = LT + HT + DT + RT \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:  $CT$  = cycle time,  $LT$  = loading time,  $HT$  = Hauling time,  $DT$  = Dumping time, dan  $RT$  = Return time / waktu kembali

3. Perhitungan waktu angkat dan waktu kembali

Perhitungan waktu angkat dan waktu kembali didasarkan pada waktu hoisting, slewing, trolley, landing dari alat yang dihitung dengan rumus:

$$Waktu = \frac{Jarak}{Kecepatan} \dots\dots\dots (3)$$

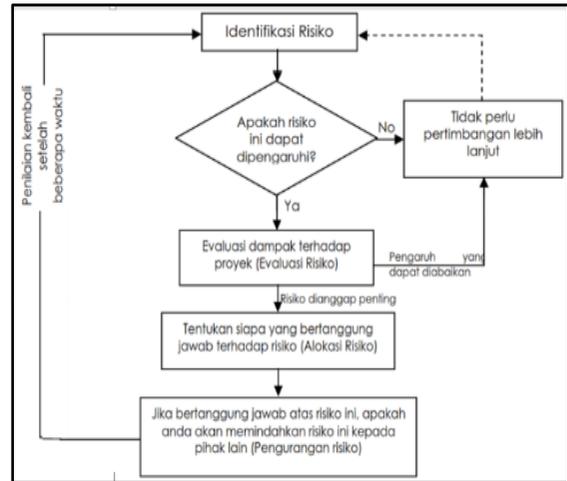
4. Waktu pelaksanaan tower crane

$$Waktu_{pelaksanaan} = \frac{Volume}{Produktifitas/jam} \dots\dots (4)$$

Daya kuda (*horse power*); kemampuan peralatan mesin tergantung spesifikasinya. Setelah didapat kapasitas yang diperlukan, pemilihan jenis crane bisa dari dalam pergerakan tower dengan luffing jib lebih bebas dibandingkan dengan alat yang menggunakan saddle jib.

### 2.1 Manajemen Risiko Tower Crane

Menurut Duffel dan Trigunansyah (1999), diagram alir manajemen risiko dapat menunjukkan langkah-langkah yang diperlukan dalam mengurangi intensitas risiko, seperti terlihat pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2 Diagram Alir Manajemen Risiko (Duffield 1999)

Evaluasi risiko pada suatu proyek tergantung pada (Duffield dan Trigunarsyah, 1999):

- a. Probabilitas terjadinya risiko tersebut, frekuensi kejadian
- b. Dampak dari risiko tersebut bila terjadi. Dalam membandingkan pilihan proyek dari berbagai risiko yang terkait sering digunakan “ Indeks Risiko”

Rumus untuk menentukan Indeks Risiko adalah sesuai dengan Persamaan (5) berikut:

$$\text{Indeks Risiko} = \text{Frekuensi} \times \text{Dampak} \dots\dots (5)$$

Williams (1993), sebuah pendekatan yang dikembangkan menggunakan dua kriteria yang penting untuk mengukur risiko, yaitu:

1. Kemungkinan (Probability), adalah faktor kemungkinan dari suatu kejadian yang tidak diinginkan.
2. Dampak (Impact), adalah tingkat pengaruh atau ukuran dampak (Impact) pada aktivitas lain, jika peristiwa yang tidak diinginkan terjadi.

Pengukuran potensi risiko menggunakan analisis Severity Index yaitu menentukan nilai probabilitas dan dampak, kemudian mengkategorikannya berdasarkan besar probabilitas dampaknya. Severity index dihitung berdasarkan hasil jawaban dari responden. Severity index dapat menggabungkan persepsi dari responden penelitian. Semakin tinggi persentase suatu variabel maka semakin berpengaruh variabel tersebut. Untuk menghitung severity index dapat dilihat pada Persamaan (6) sedangkan klasifikasi dari skala penilaian pada

probabilitas dan dampak, ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

$$SI = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i \cdot x_i}{4 \sum_{i=0}^4 x_i} (100\%) \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:  $a_i$  = Konstanta penilai,  $x_i$  = Frekuensi responden,  $i = 0, 1, 2, 3, .. n$

Tabel 1 Klasifikasi Severity Index

No.	Severity Index	Keterangan
1	$0,00 \leq SI \leq 12,5$	Tidak pernah
2	$12,5 \leq SI \leq 37,5$	Jarang
3	$37,5 \leq SI \leq 62,5$	Kadang-kadang
4	$62,5 \leq SI \leq 87,5$	Sering
5	$87,5 \leq SI \leq 100$	Selalu

Sumber: Soemarno, 2007

Untuk mengukur tingkat risiko, menggunakan Persamaan 7 berikut:

$$R = P * I \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:  $R$  = Tingkat risiko,  $P$  = Kemungkinan (Probability) risiko yang terjadi, dan  $I$  = Tingkat dampak (Impact) risiko yang terjadi. Respon risiko adalah tindakan penanganan yang dilakukan terhadap risiko yang mungkin terjadi. Risiko-risiko penting yang sudah diketahui perlu ditindak lanjuti dengan respon yang dilakukan oleh kontraktor dalam menangani risiko tersebut. Metode yang dipakai dalam menangani risiko (Flanagan & Norman, 1993):

a. Menahan risiko (Risk retention)

Merupakan bentuk penanganan risiko yang mana akan ditahan atau diambil sendiri oleh suatu pihak. Biasanya cara ini dilakukan apabila risiko yang dihadapi tidak mendatangkan kerugian yang terlalu besar atau kemungkinan terjadinya kerugian itu kecil, atau biaya yang dikeluarkan untuk menanggulangi risiko tersebut tidak terlalu besar dibandingkan dengan manfaat yang akan diperoleh.

b. Mengurangi risiko (Risk reduction)

Tindakan untuk mengurangi risiko yang kemungkinan akan terjadi dengan cara:

- i. Pendidikan dan pelatihan bagi para tenaga kerja dalam menghadapi risiko
- ii. Perlindungan terhadap kemungkinan kehilangan
- iii. Perlindungan terhadap orang dan properti

c. Mengalihkan risiko (Risk transfer)

Pengalihan ini dilakukan untuk memindahkan risiko kepada pihak lain. Bentuk pengalihan risiko yang dimaksud adalah asuransi dengan membayar premi.

d. Menghindari risiko (Risk avoidance)

Menghindari risiko sama dengan menolak untuk menerima risiko yang berarti menolak untuk menerima proyek tersebut.

Dalam menentukan skoring frekuensi tingkat risiko, dilakukan penentuan definisi masing-masing tingkat risiko dalam skala kuantitatif dengan menggunakan skala Likert dirubah menjadi skala kuantitatif. Skala penilaian terhadap kemungkinan timbulnya peristiwa risiko teridentifikasi terhadap terjadinya masalah pada proyek konstruksi digunakan skala likelihood (frekuensi/peluang) seperti pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Skala Frekuensi (*Likelihood*)

No.	Tingkat Risiko	Skor
1	Hampir pasti/sangat sering	1
2	Sering	2
3	Moderat	3
4	Jarang	4
5	Sangat jarang	5

Sumber: Godfrey (1996), Saputra (2005)

Sedangkan skala penilaian terhadap besarnya pengaruh suatu peristiwa terhadap terjadinya masalah pada proyek konstruksi menggunakan consequences scale (skala konsekuensi) seperti pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Skala Konsekuensi (*Consequences*)

No.	Tingkat Frekuensi	Skor
1	Sangat kecil	1
2	Kecil	2
3	Sedang	3
4	Besar	4
5	Sangat besar	5

Sumber: Godfrey (1996), Saputra (2005)

Dari skor yang diberikan oleh para responden pada setiap identifikasi risiko dapat ditentukan modus data itu sebagai

representasi pendapat responden terhadap resiko yang telah teridentifikasi. Mengacu pada skala penerimaan resiko (risk acceptability) oleh Godfrey (1996) dan Saputra (2005), dengan mempertimbangkan skala consequences dan skala likelihood seperti di atas, maka disusun skala penerimaan risiko seperti pada Tabel 4 berikut.

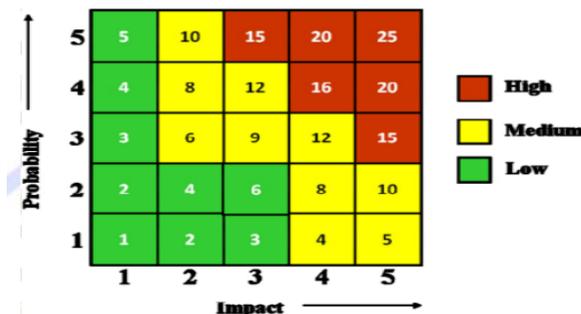
Tabel 4 Skala Penerimaan Risiko

No	Penerimaan risiko	Skala penerimaan
1	Unacceptable (tidak dapat diterima)	$X > 12$
2	Undesirable (tidak diharapkan)	$5 \leq X < 12$
3	Acceptable (dapat diterima)	$2 < X < 5$
4	Negligible (dapat diabaikan)	$X < 2$

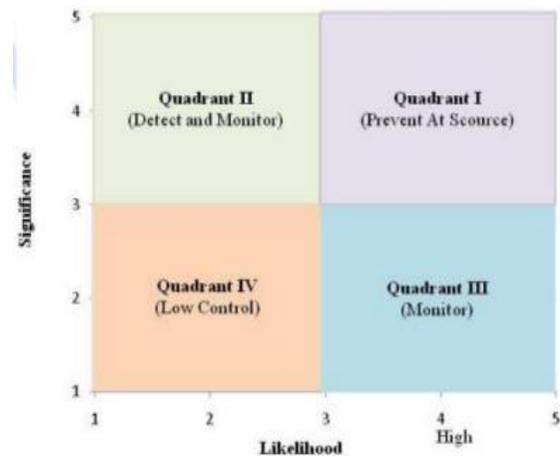
Sumber: Godfrey (1996), Saputra (2005)

Untuk menentukan nilai dari probability impact, dapat menggunakan grid dari nilai probability dan impact, seperti yang disebutkn pada Tabel 5, sehingga menghasilkan nilai impact sebesar 1 – 25. Tingkat yang dihasilkan merupakan index dengan skala tinggi, sedang atau rendah.

Tabel 5 Probability Impact Grid



Setelah mengetahui tingkatan probability dan impact dari suatu risiko, dapat diplotkan pada matriks frekuensi dan dampak untuk mengetahui strategi menghadapi risiko tersebut. Menurut Hanafi (2006), untuk memilih respon risiko yang akan digunakan untuk menangani risiko-risiko yang telah terjadi, dapat digunakan Risk Map. Gambar 3 berikut adalah matriks dari Risk Map yang dapat digunakan.



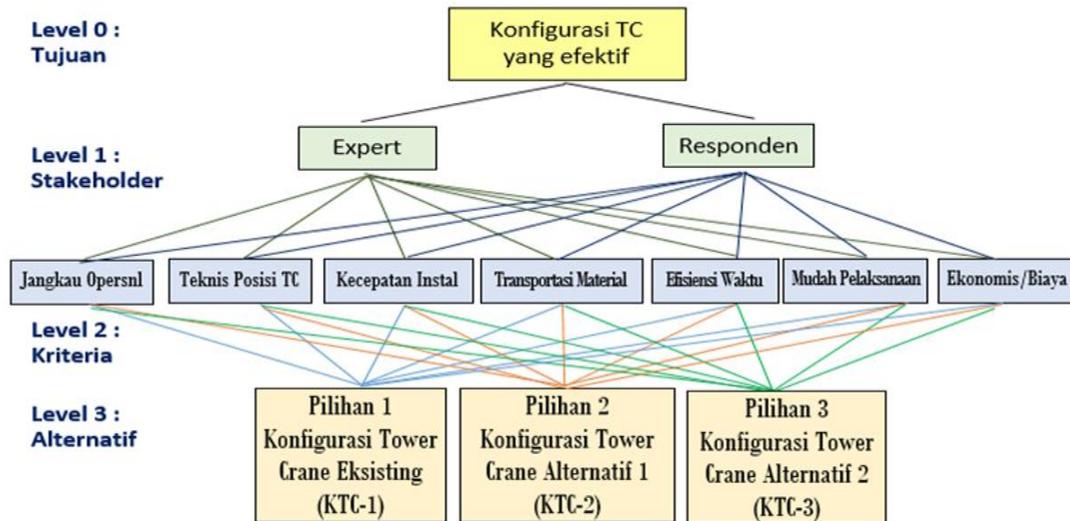
Gambar 3 Matriks berdasarkan Frekuensi dan Dampak (Hanafi, 2006)

## 2.2 Pemilihan Konfigurasi Tower Crane

Dalam proses pemilihan Konfigurasi Tower Crane (KTC), maka metode yang dapat digunakan dalam menerapkan alternatif berdasarkan beberapa kriteria yang ada adalah metode AHP (Analytical Hierarchy Process). Pada pemilihan KTC maka proses diringkas sebagai berikut:

1. Menentukan kriteria kriteria pemilihan.
2. Menentukan bobot masing masing kriteria
3. Mengidentifikasi alternatif yang telah diidentifikasi.
4. Mengevaluasi masing masing alternatif dengan kriteria-kriteria yang ditentukan pada langkah pertama.
5. Menilai bobot masing masing kriteria.
6. Mengurutkan kriteria berdasar tingkat bobot

Menurut Wong (2000) pada proses analisa dan penetapan kriteria ditentukan oleh beberapa tahapan survei yaitu survei pendahuluan untuk mendapatkan data konseptual dari pihak pemilik proyek dalam pembentukan conceptual model sedangkan pada tahap survei kedua digunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Proses) sebagai alat bantu dalam analisa kriteria yang digunakan. Proses penyebaran kuesioner dirancang untuk pengumpulan data, dan format disintesis dengan mengacu AHP matriks. Gambar 4 berikut memperlihatkan bagan pemilihan konfigurasi tower crane (KTC) dengan prinsip AHP.



Gambar 4 Bagan pemilihan KTC dengan metode AHP

### 3. METODE PENELITIAN

#### Variabel Penelitian

Model penelitian ini merupakan abstraksi dari fenomena-fenomena yang sedang diteliti. Sesuai dengan judul yang penulis kemukakan yaitu Optimalisasi Operasional Tower Crane pada Pelaksanaan Konstruksi Gedung Bertingkat 44 Lantai (Proyek Holland Village Jakarta)

Variabel independen dalam penelitian ini adalah Administrasi ( $X_1$ ), Laporan ( $X_2$ ), Internal dan External ( $X_3$ ), Sasaran Resources ( $X_4$ ), Sasaran Operasional Tower Crane ( $X_5$ ). Sedangkan variabel dependen dalam penelitian ini ( $Y$ ) adalah Produktifitas Kerja (Efektifitas Operasional Tower Crane).

#### Definisi Operasional Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini menjadi variabel independen ( $X$ ) dan variabel dependen ( $Y$ ). Adapun penjelasannya sebagai berikut:

- a. Variable bebas (independent variable)  
 Variabel independen yang diteliti; Administrasi ( $X_1$ ), Pelaporan ( $X_2$ ), Internal/Eksternal ( $X_3$ ), Sasaran Resource ( $X_4$ ), Sasaran Operasional Tower Crane ( $X_5$ ), Pengertian Variabel bebas (independent variable) Menurut Sugiyono (2010) adalah variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab terjadinya perubahan/timbulnya variabel dependen (terikat) variabel dependen. Baik yang pengaruhnya positif namun

yang pengaruhnya negative. Hal ini terjadi karena variable bebas berkaitan langsung dengan perubahan/timbulnya variable dependen, sehingga timbul (penting) karena ada salah satu pihak lebih bebas dalam penguasaan variable.

- b. Variable Terikat (Dependent variable)  
 Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas Sugiyono (2016). Dalam penelitian ini variabel dependen yang diteliti adalah Produktifitas Kerja (SDM Operator Tower Crane dan Tenaga Kerja Pelaksana) ( $Y$ ). Variabel dependen (dependent variable) adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Sugiono, 2010).

#### Metode Analisis Data

Langkah-langkah penentuan bobot kriteria dan validitas dengan metode analisis AHP:

1. Matriks perbandingan berpasangan (pairwise comparison) dalam desimal; dimulai dari level hirarki paling atas yang ditunjukkan untuk memilih kriteria. Jumlah ordo matriks berdasarkan jumlah kriteria yang ditetapkan. Suatu elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri maka diberi nilai 1. jika nilai 1 dibandingkan dengan nilai J mendapatkan nilai tertentu, maka nilai J dibanding dengan nilai 1 merupakan kebalikannya.

2. Eigen Value; Dilakukan dengan menormalisasikan matriks perbandingan berpasangan. Dari hasil jumlah perbandingan berpasangan yang diperoleh dari setiap kriteria, lalu matriks perbandingan berpasangan dinormalisasikan dengan cara membagi setiap cell pada tabel matriks dengan jumlah pada masing-masing kriteria. Selanjutnya ditentukan langkah untuk mencari bobot perbandingan parameter berpasangan. Kemudian dilakukan perhitungan bobot kriteria didapat dari mencari rata-rata dari nilai baris kriteria =  $AVERAGE(P1:P7)$
3. Bobot Prioritas; Menentukan bobot prioritas dilakukan dengan membagi nilai masing-masing baris dari Eigen Value terhadap jumlah dari eigen value, normalisasi dari matriks berpasangan menjadi matriks bobot dengan pembagian terhadap nilai penjumlahan masing-masing kolom.
4. Jumlah Total; setiap nilai matriks normalisasi dijumlahkan pada setiap baris yang sesuai.
5. Bobot Sintesa ; Bagi setiap kolom dengan jumlah total. Kalikan setiap nilai pada kolom pertama dengan prioritas relatif elemen pertama, nilai pada kolom kedua dengan prioritas relatif elemen kedua, dan seterusnya.
6. Eigen Maks ( $\lambda$ ) ; Jumlahkan setiap barisnya dan hasil dari penjumlahan baris dibagi dengan elemen prioritas relatif yang bersangkutan.
7.  $\lambda$  maks ( $\lambda_{maks}$ ) ; Jumlahkan hasil bagi diatas dengan banyaknya elemen yang ada, hasilnya disebut  $\lambda$  maks.
8. CI (Consistency Index)

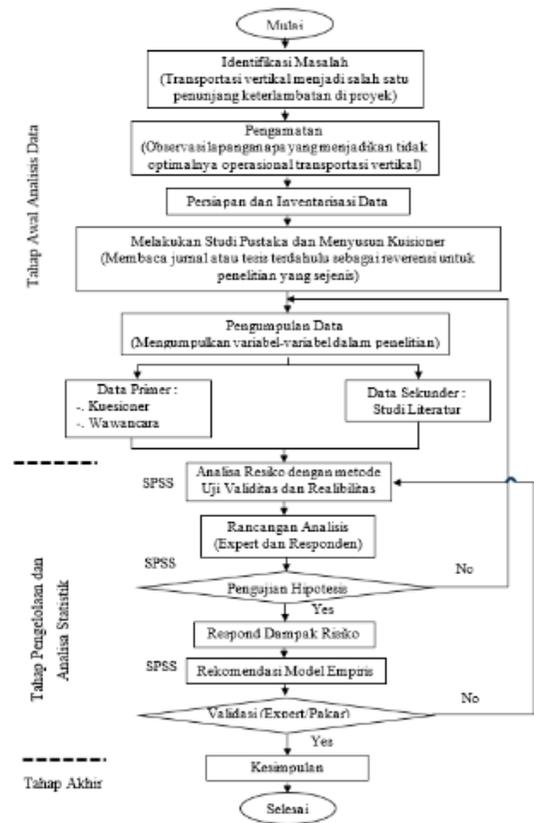
$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:  $\lambda_{maks}$  = nilai eigen maksimum dari vektor eigen ;  $n$  = jumlah ordo matriks

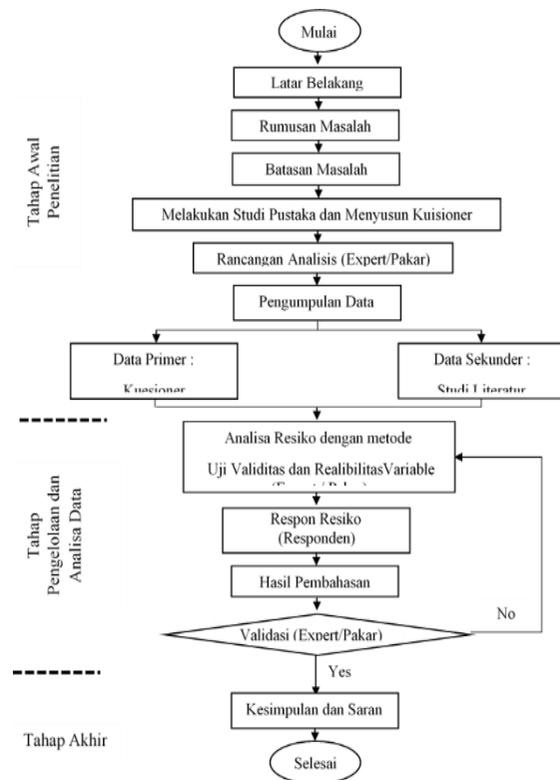
9. CR (Konsistensi Ratio)

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots\dots\dots (9)$$

Adapun flow chart langkah pelaksanaan penelitian dan konsep pemikiran metode penelitian secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6 berikut ini.



Gambar 5 Flow Chart Pelaksanaan Penelitian



Gambar 6 Konsep Pemikiran Analisis

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai probabilitas dan dampak dari setiap variabel risiko dilakukan dengan melakukan perhitungan rerata (mean value), dimana konsep dari perhitungan tersebut adalah mencari jumlah dari hasil perkalian koefisien penilaian probabilitas risiko dengan keseluruhan jumlah respon dari setiap koefisien tersebut yang kemudian dibagi dengan keseluruhan jumlah responden yang berpartisipasi dalam penelitian ini. Nilai rerata (Mean Value) dihitung dengan menggunakan Persamaan 10 berikut.

$$\bar{x} = \frac{x_1+x_2+x_3+\dots+x_n}{n}; \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \dots (10)$$

Proses pengukuran risiko dengan cara memperkirakan frekuensi terjadinya suatu risiko dan dampak dari risiko. Skala yang digunakan dalam mengukur potensi risiko terhadap frekuensi dan dampak risiko adalah skala Likert. Rumus untuk menghitung tingkat risiko tersebut seperti pada rumus  $R = P \times I$ , dimana  $R$  adalah tingkat risiko,  $I$  adalah dampak (Impact) risiko yang terjadi, dan  $P$  adalah kemungkinan (Probability) risiko yang terjadi. Tabel 6 menunjukkan probability impact dan Tabel 7 terhadap konversi SI.

Tabel 6 Probability Impact

	Variable	rerata frekuensi	rerata dampak waktu	frek x waktu
ADMINISTRASI	1 Kurangnya ketersediaan Informasi	3.23	2.55	8.24
	2 Tidak jelasnya spesifikasi teknis	3.25	2.72	8.84
	3 Gambaran informasi tidak jelas	4.05	3.08	12.49
	4 Kurang baiknya SOP media	3.15	2.51	7.90
	5 Presentasi pada rapat kurang baik	2.77	2.04	5.66
	6 Kurang jelasnya ahr approval	3.55	3.08	10.95
	7 Ahr Koordinasi yang tidak sesuai	3.82	3.18	12.15
	8 Ahr informasi yang berbelit-belit	3.81	2.55	9.73
	9 Distribusi Informasi tidak berjalan	3.91	2.80	10.95
	10 Jadwal distribusi info tidak sesuai	4.09	2.80	11.47
	11 Kurang tersosialisasi dan dipahami	3.06	3.39	10.37
	12 Rapat koordinasi yg tidak berjalan	2.42	2.34	5.68
	13 Change order terlaksana tak sesuai	3.09	2.98	9.21
	14 Kurang mampu komunikasi horizontal	2.79	2.43	6.78
	15 Verbal communication kurang baik	2.41	2.48	5.98
	16 Komunikasi formal yang tidak baik	3.09	3.01	9.31
	17 Pemahaman komunikasi tidak baik	3.03	3.30	9.99
	18 Manajemen komunikasi kurang standar	3.00	2.89	8.67
	19 Kurang jelasnya Laporan berkala	3.17	2.27	7.21
LAPORAN	20 Dokumentasi laporan kurang baik	2.95	1.88	5.53
	21 Kurangnya ketersediaan informasi	2.68	2.14	5.72
	22 Kekeliruan dalam penyajian laporan	2.65	2.46	6.50
	23 Kurang informatif laporan softcopy	3.66	2.24	8.19
INTERNAL & EKSTERNAL	24 Waktu persetujuan lewat deadline	3.06	3.17	9.71
	25 Jangka waktu persetujuan tak dibatasi	2.39	2.81	6.72
	26 Jadwal pertemuan yang tidak sesuai	3.13	2.95	9.21
	27 Faktor eksternal tak terprediksi	3.13	3.41	10.64
	28 Faktor eksternal terprediksi	3.83	4.16	15.91
	29 Faktor internal teknis peralatan	3.46	3.91	13.51
	30 Faktor internal teknis pek.Arsitektural	3.34	3.46	11.55
	31 Faktor internal teknis peralatan	2.71	2.90	7.86
	32 Faktor internal teknis pelaksanaan	3.03	3.00	9.09
	33 Faktor internal non teknis tenaga kerja	2.89	2.74	7.94
SASARAN RESOURCE	34 Faktor internal non teknis dari owner	3.74	3.57	13.36
	35 Faktor internal teknis tenaga kerja	3.04	3.07	9.32
	36 Faktor biaya (keuangan) tidak baik	2.96	3.01	8.92
	37 Tenaga kerja tidak cukup tersedia	2.55	2.57	6.57
	38 Outsourcing (di luar uang & pekerja)	2.72	2.90	7.88
	39 Faktor internal teknis peralatan	3.11	3.14	9.77
	40 Faktor eksternal tidak terprediksi	3.11	2.83	8.79
	41 Perubahan (change order) terjadi	3.21	3.41	10.92
SASARAN OPERASIONAL	42 Jenis Material Arsitektural dominan	2.16	2.36	5.11
	43 Waktu Operasional TC tak sesuai	3.16	2.69	8.50
	44 Lingkungan Kerja tidak kondusif	2.82	3.48	9.82
	45 Kapasitas Tower Crane tak sesuai	1.99	2.58	5.12
	46 Kondisi fisik alat TC tak sesuai	2.82	2.79	7.85
	47 Status kepemilikan Tower Crane	2.31	2.26	5.20
	48 Durasi operasional TC tidak ideal	2.31	2.63	6.08
	49 Target operasional TC tidak terpenuhi	2.98	3.23	9.63

Tabel 7 Konversi Severity Indeks

	Variable	rerata frekuensi	rerata dampak waktu	rerata frekuensi	rerata dampak	frek x dampak
ADMINISTRASI	1 Kurangnya ketersediaan Informasi	64.6%	51.0%	4	3	12.00
	2 Tidak jelasnya spesifikasi teknis	65.0%	54.4%	4	3	12.00
	3 Gambaran informasi tidak jelas	81.0%	61.7%	4	3	12.00
	4 Kurang baiknya SOP media	62.9%	50.2%	4	3	12.00
	5 Presentasi pada rapat kurang baik	55.4%	40.8%	3	3	9.00
	6 Kurang jelasnya ahr approval	71.0%	61.7%	4	3	12.00
	7 Ahr Koordinasi yang tidak sesuai	76.5%	63.5%	4	4	16.00
	8 Ahr informasi yang berbelit-belit	76.3%	51.0%	4	3	12.00
	9 Distribusi Informasi tidak berjalan	78.1%	56.0%	4	3	12.00
	10 Jadwal distribusi info tidak sesuai	81.9%	56.0%	4	3	12.00
	11 Kurang tersosialisasi dan dipahami	61.3%	67.7%	3	4	12.00
	12 Rapat koordinasi yg tidak berjalan	48.4%	46.9%	3	3	9.00
	13 Change order terlaksana tak sesuai	61.9%	59.5%	3	3	9.00
	14 Kurang mampu komunikasi horizontal	55.8%	48.5%	3	3	9.00
	15 Verbal communication kurang baik	48.1%	49.7%	3	3	9.00
	16 Komunikasi formal yang tidak baik	61.9%	60.2%	3	3	9.00
	17 Pemahaman komunikasi tidak baik	60.6%	65.9%	3	4	12.00
	18 Manajemen komunikasi kurang standar	60.0%	57.8%	3	3	9.00
	19 Kurang jelasnya Laporan berkala	63.4%	45.5%	4	3	12.00
LAPORAN	20 Dokumentasi laporan kurang baik	59.0%	37.5%	3	3	9.00
	21 Kurangnya ketersediaan informasi	53.5%	42.7%	3	3	9.00
	22 Kekeliruan dalam penyajian laporan	52.9%	49.2%	3	3	9.00
	23 Kurang informatif laporan softcopy	73.1%	44.8%	4	3	12.00
INTERNAL & EKSTERNAL	24 Waktu persetujuan lewat deadline	61.3%	63.4%	3	4	12.00
	25 Jangka waktu persetujuan tak dibatasi	47.8%	56.3%	3	3	9.00
	26 Jadwal pertemuan yang tidak sesuai	62.5%	59.0%	4	3	12.00
	27 Faktor eksternal tak terprediksi	62.5%	68.1%	4	4	16.00
	28 Faktor eksternal terprediksi	76.6%	83.1%	4	4	16.00
	29 Faktor internal teknis peralatan	69.2%	78.1%	4	4	16.00
	30 Faktor internal teknis pek.Arsitektural	66.7%	69.2%	4	4	16.00
	31 Faktor internal teknis peralatan	54.2%	58.0%	3	3	9.00
	32 Faktor internal teknis pelaksanaan	60.6%	60.0%	3	3	9.00
	33 Faktor internal non teknis tenaga kerja	57.9%	54.9%	3	3	9.00
SASARAN RESOURCE	34 Faktor internal non teknis dari owner	74.8%	71.5%	4	4	16.00
	35 Faktor internal teknis tenaga kerja	60.8%	61.4%	3	3	9.00
	36 Faktor biaya (keuangan) tidak baik	59.3%	60.3%	3	3	9.00
	37 Tenaga kerja tidak cukup tersedia	51.0%	51.5%	3	3	9.00
	38 Outsourcing (di luar uang & pekerja)	54.4%	58.0%	3	3	9.00
	39 Faktor internal teknis peralatan	62.2%	62.8%	3	4	12.00
	40 Faktor eksternal tidak terprediksi	62.2%	56.6%	3	3	9.00
	41 Perubahan (change order) terjadi	64.1%	68.1%	4	4	16.00
SASARAN OPERASIONAL	42 Jenis Material Arsitektural dominan	43.3%	47.3%	3	3	9.00
	43 Waktu Operasional TC tak sesuai	63.3%	53.8%	4	3	12.00
	44 Lingkungan Kerja tidak kondusif	56.4%	69.7%	3	4	12.00
	45 Kapasitas Tower Crane tak sesuai	39.8%	51.5%	3	3	9.00
	46 Kondisi fisik alat TC tak sesuai	56.4%	55.7%	3	3	9.00
	47 Status kepemilikan Tower Crane	46.1%	45.1%	3	3	9.00
	48 Durasi operasional TC tidak ideal	48.8%	52.6%	3	3	9.00
	49 Target operasional TC tidak terpenuhi	78.4%	70.6%	4	4	16.00

Dari hasil konfirmasi terhadap alokasi risiko yang diberikan oleh Nara Sumber (Expert) terhadap beberapa variable risiko dan sumber risiko yang paling dominan dengan strateginya, dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8 Alokasi Risiko Konfirmasi Expert

Variabel Risiko	Sumber Risiko	Strategi
Alur koordinasi yang tidak sesuai	Manajemen	Mengurangi
Faktor eksternal terprediksi	Manajemen	Mengurangi
Faktor internal teknis peralatan	Desain & teknologi	Menanggulangi
Faktor internal teknis pek. Arsitektural	Desain & teknologi	Menanggulangi
Faktor internal non teknis dari owner	Desain & teknologi	Menanggulangi
Perubahan (change order) terjadi	Pelaksanaan	Merubah
Target operasional TC tak terpenuhi	Desain & teknologi	Merubah

Dari tabel probability impact yang sudah terkonversi dengan Severity Index (SI) tersebut juga bisa diketahui adanya risiko yang berdampak tinggi pada waktu operasional tower crane dengan urgent untuk dilakukan penanganan respons, seperti ditampilkan pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9 Risiko Berdampak Waktu Tinggi

	Variabel Risiko	Sumber Risiko	SI frekuensi	SI dampak	Frekuensi x dampak
7	Alur koordinasi yang tidak sesuai	Manajemen	4	4	16
27	Faktor eksternal tak terprediksi	Manajemen	4	4	16
28	Faktor eksternal terprediksi	Manajemen	4	4	16
29	Faktor internal teknis peralatan	Desain & teknologi	4	4	16
30	Faktor internal teknis pek. Arsitektural	Desain & teknologi	4	4	16
34	Faktor internal non teknis dari owner	Desain & teknologi	4	4	16
41	Perubahan (change order) terjadi	Pelaksanaan	4	4	16
49	Target operasional TC tak terpenuhi	Desain & teknologi	4	4	16

Sumber: Hasil Analisis (2021)

*Risiko Berkorelasi Terhadap Dampak Waktu*  
 Adapun dari hasil perhitungan menggunakan korelasi spearman rank untuk melihat apakah terdapat variabel berkorelasi dengan waktu penyelesaian proyek didapatkan hasil sebagaimana terlihat pada Tabel 10 dan 11 berikut, terhadap waktu tinggi dan sangat tinggi serta waktu sedang

Tabel 10 Korelasi Spearman (Terhadap Waktu Tinggi)

	Variabel Risiko	Rank Spearman	Korelasi Terhadap Waktu
7	Alur koordinasi yang tidak sesuai	0,75911	Tinggi
27	Faktor eksternal tak terprediksi	0,88704	Tinggi
28	Faktor eksternal terprediksi	0,79553	Tinggi
29	Faktor internal teknis peralatan	0,84432	Tinggi
30	Faktor internal teknis pek. Arsitektural	0,72159	Tinggi
34	Faktor internal non teknis dari owner	0,83508	Tinggi
41	Perubahan (change order) terjadi	0,91033	Sangat Tinggi
49	Target operasional TC tak terpenuhi	0,80276	Tinggi

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Tabel 11 Korelasi Spearman (Terhadap Waktu Sedang)

Variabel Risiko		Rank Spearman	Korelasi Terhadap Waktu
1	Kurangnya ketersediaan Informasi	0,68676	Tinggi
2	Tidak Jelasnya spesifikasi teknis	0,73633	Tinggi
4	Kurang baik SOP media komunikasi	0,65811	Tinggi
6	Kurang jelasnya alur approval	0,91269	Tinggi
8	Alur informasi yang berbelit-belit	0,81082	Tinggi
9	Distribusi Informasi tidak berjalan	0,91214	Sangat Tinggi
10	Jadwal distribusi info tidak sesuai	0,95592	Sangat Tinggi
11	Kurang tersosialisasi dan dipahami	0,86399	Tinggi
13	Change order terlaksana tak sesuai	0,76740	Tinggi
16	Komunikasi formal yang tidak baik	0,77612	Tinggi
17	Pemahaman komunikasi tidak baik	0,83280	Tinggi
18	Manajemen komunikasi tak standar	0,72266	Tinggi
23	Kurang informatif laporan softcopy	0,68237	Tinggi
24	Waktu persetujuan lewati deadline	0,80949	Tinggi
26	Jadwal pertemuan yang tidak sesuai	0,76769	Tinggi
31	Faktor internal teknis peralatan	0,65479	Tinggi
32	Faktor internal teknis pelaksanaan	0,75781	Tinggi
33	Faktor non teknis tenaga kerja	0,66164	Tinggi
35	Faktor internal teknis tenaga kerja	0,77678	Tinggi
36	Faktor biaya (keuangan) tidak baik	0,74371	Tinggi
43	Waktu Operasional TC tak sesuai	0,70862	Tinggi
44	Lingkungan Kerja tidak kondusif	0,81816	Tinggi
46	Kondisi fisik alat TC tak sesuai	0,65429	Tinggi
48	Durasi operasi TC yang tidak sesuai	0,76060	Tinggi
49	Target operasional TC tak terpenuhi	0,80276	Tinggi

Sumber: Hasil Analisis (2022)

Dari tabel tersebut diatas diketahui bahwa Risiko yang berkorelasi pada dampak waktu operasional Tower Crane terdiri dari 29

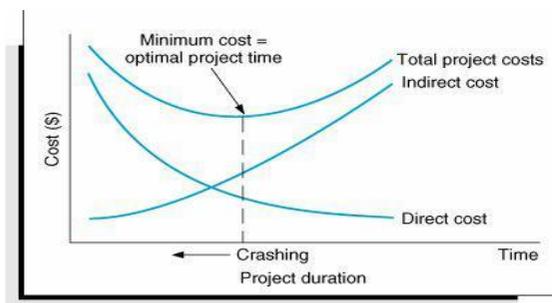
risiko dengan variabel risiko dan sumber risiko, seperti ditampilkan pada Tabel 12 berikut:

Tabel 12 Risiko Yang Berkorelasi Terhadap Dampak Waktu

Kelompok Variabel	Variabel Risiko	Sumber Risiko
ADMINISTRASI	1 Kurangnya ketersediaan Informasi	Manajemen
	2 Tidak Jelasnya spesifikasi teknis	Desain & teknologi
	6 Kurang jelasnya alur approval	Manajemen
	7 Alur koordinasi yang tidak sesuai	Manajemen
	8 Alur informasi yang berbelit-belit	Desain & teknologi
	9 Distribusi Informasi tidak berjalan	Pelaksanaan
	10 Jadwal distribusi info tidak sesuai	Desain & teknologi
	11 Kurang tersosialisasi dan dipahami	Manajemen
	13 Change order terlaksana tak sesuai	Desain & teknologi
	16 Komunikasi formal yang tidak baik	Manajemen
LAPORAN	17 Pemahaman komunikasi tidak baik	Manajemen
	18 Manajemen komunikasi tak standar	Manajemen
	19 Kurang jelasnya Laporan berkala	Pelaksanaan
INTERNAL EKSTERNAL	22 Kekeliruan dalam penyajian laporan	Pelaksanaan
	23 Kurang informatif laporan softcopy	Pelaksanaan
	24 Waktu persetujuan lewati deadline	Desain & teknologi
	25 Jangka persetujuan tak dibatasi	Pelaksanaan
	26 Jadwal pertemuan yang tidak sesuai	Pelaksanaan
	27 Faktor eksternal tak terprediksi	Pelaksanaan
	28 Faktor eksternal terprediksi	Manajemen
	29 Faktor internal teknis peralatan	Desain & teknologi
	30 Faktor internal teknis pek.Arsitektural	Desain & teknologi
	31 Faktor internal teknis peralatan	Pelaksanaan
SASARAN RESOURCE	34 Faktor internal non teknis dari owner	Desain & teknologi
	35 Faktor internal teknis tenaga kerja	Manajemen
	36 Faktor biaya (keuangan) tidak baik	Manajemen
	41 Perubahan (change order) terjadi	Pelaksanaan
SASARAN OPERASIONAL TC	43 Waktu Operasional TC tak sesuai	Pelaksanaan
	44 Lingkungan Kerja tidak kondusif	Pelaksanaan
	46 Kondisi fisik alat TC tak sesuai	Desain & teknologi
	48 Durasi operasi TC yang tidak sesuai	Desain & teknologi
	49 Target operasional TC tak terpenuhi	Desain & teknologi

Dari hasil analisa yang telah dilakukan diatas, dapat

diketahui bahwa variabel risiko yang berpengaruh terhadap waktu dan biaya mempunyai kecenderungan saling berhubungan, hal ini dapat dilihat dari kesamaan antara variabel yang berpengaruh. Hal tersebut mungkin bisa merujuk pada pernyataan (Soeharto, 1997): Walaupun tidak dapat dihitung dengan rumus tertentu, akan tetapi umumnya makin lama proyek berjalan makin tinggi komulatif biaya tak langsung yang diperlukan. Sebagaimana tergambar, dapat dilihat pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7 Hubungan Biaya vs Waktu

*Respon Risiko*

Dari hal tersebut maka disusun rancangan wawancara terstruktur dengan pertanyaan

yang seluruh hasil jawabannya sudah didiskusikan dan dianalisis. Rancangan alternatif konfigurasi yang ditentukan untuk mengoptimalkan operasional tower crane adalah dengan 3 alternatif konfigurasi tower crane (KTC) termasuk juga KTC-1 eksisting dan KTC-3 pada perubahan posisi TC, sebagai berikut:

- 1) Konfigurasi Tower Crane – 1 (KTC-1); eksisting
- 2) Konfigurasi Tower Crane – 2 (KTC-2); pertukaran posisi TC
- 3) Konfigurasi Tower Crane – 3 (KTC-1); perubahan posisi TC

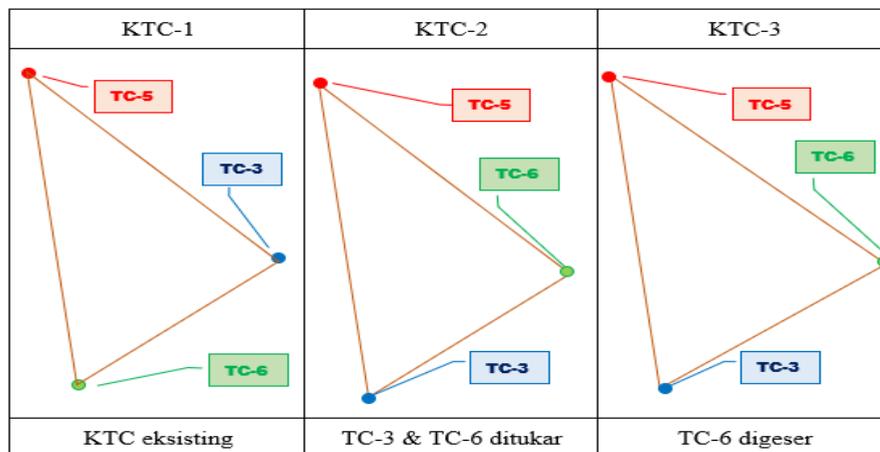
Untuk kriteria yang ditentukan dalam analisis KTC adalah dengan 7 (tujuh) kriteria teknis berikut:

- 1) Kriteria Jangkauan Operasional
- 2) Kriteria Teknis Posisi Tower Crane
- 3) Kriteria Kecepatan Install Tower Crane
- 4) Kriteria Transportasi Material Arsitektural
- 5) Kriteria Efisiensi Waktu
- 6) Kriteria Kemudahan Pelaksanaan
- 7) Kriteria Ekonomis/ Biaya

Kusioner untuk analisis KTC tersebut dibuat dalam bentuk pertanyaan berpasangan dengan menggunakan metode AHP (Analytical Hierarchy Process)

Tabel 13 Detail konfigurasi tower crane

Tipe TC	TC-3		TC-5		TC-6		Perubahan Posisi
	X	Y	X	Y	X	Y	
KTC-1	4643525.756	2767088.259	4567375.290	2859188.165	4589275.676	2745884.762	Tetap
KTC-2	4584275.676	2745884.762	4567375.290	2859188.165	4643525.756	2767088.259	Tukar
KTC-3	4584278.676	2745884.762	4567375.290	2859188.165	4653725.328	2791159.962	Geser



Gambar 8 Posisi konfigurasi tower crane

Prinsip dasar dari penentuan posisi konfigurasi Tower Crane (KTC) untuk tipe TC-3, TC-5 dan TC-6 adalah sebagai berikut:

- 1) KTC-1 ; merupakan konfigurasi eksisting posisi TC-5 \_ TC-3 \_ TC-6
- 2) KTC-2 ; merupakan konfigurasi pertukaran posisi TC-5 \_ TC-6 \_ TC\_3

3) KTC-3 ; merupakan konfigurasi pergeseran posisi TC-5 \_ TC-6 \_ TC\_3

*Analisa Kriteria Konfigurasi TC*

Perbandingan karakteristik dari semua analisa dan setiap cara dinyatakan dalam matriks pada Tabel 14 berikut.

Tabel 14 Matriks Penilaian Kriteria – KTC\_1

Aspek/ Kriteria	K-1 Jangkauan Operasional	K-2 Teknis Posisi TC	K-3 Kecepatan Install TC	K-4 Transportasi Material	K-5 Efisiensi Waktu	K-6 Kemudahan Pelaksanaan	K-7 Ekonomis/ Biaya
Jangkauan Operasional	1,000	0.250	4,000	0.250	0,250	0,250	0,250
Teknis Posisi TC	4,000	1,000	3,000	0.333	0,250	0,250	0,333
Kecepatan Install TC	0,250	0,333	1,000	0.333	0,250	0.250	0,250
Transportasi Material	4,000	3.000	3,000	1,000	0.250	0.250	0,250
Efisiensi Waktu	4,000	4,000	4,000	4.000	1,000	2.000	0,250
Kemudahan Pelaksanaan	4,000	4,000	4,000	4.000	0.500	1,000	0,250
Ekonomis/ Biaya	4,000	3,000	4,000	4,000	4,000	4,000	1,000
$\sum$ kolom	21,250	15,583	23.000	13.916	6,500	8,000	2,583

Dengan unsur-unsur pada tiap kolom dibagi dengan jumlah kolom yang bersangkutan, diperoleh matriks sebagai berikut:

0,0471	0,0160	0,1739	0,0180	0,0385	0,0313	0,0968
0,1882	0,0642	0,1304	0,0240	0,0385	0,0313	0,1290
0,0118	0,0214	0,0435	0,0240	0,0385	0,0313	0,0968
0,1882	0,1925	0,1304	0,0719	0,0385	0,0313	0,0968
0,1882	0,2567	0,1739	0,2874	0,1538	0,2500	0,0968
0,1882	0,2567	0,1739	0,2874	0,0769	0,1250	0,0968
0,1882	0,1925	0,1739	0,2874	0,6154	0,5000	0,3871

Selanjutnya diambil rerata nilai untuk setiap baris dan menghasilkan nilai priority, dalam bentuk vektor prioritas dan bobot prioritas, seperti berikut:

$$\begin{aligned}
 & \begin{bmatrix} 1,0000 \\ 2,0000 \\ 0,5000 \\ 3,0000 \\ 2,0000 \\ 3,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,0471 + \begin{bmatrix} 0,5000 \\ 1,0000 \\ 0,2000 \\ 3,0000 \\ 3,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,0642 + \begin{bmatrix} 2,0000 \\ 2,0000 \\ 1,0000 \\ 3,0000 \\ 3,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,0435 + \begin{bmatrix} 0,3333 \\ 2,0000 \\ 0,3333 \\ 1,0000 \\ 3,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,0719 + \begin{bmatrix} 0,3333 \\ 2,0000 \\ 0,3333 \\ 0,3333 \\ 1,0000 \\ 3,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,1538 + \\
 & \begin{bmatrix} 0,5000 \\ 2,0000 \\ 0,1429 \\ 0,2000 \\ 4,0000 \\ 1,0000 \\ 4,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,1250 + \begin{bmatrix} 0,3333 \\ 0,2500 \\ 0,2500 \\ 0,3333 \\ 0,1429 \\ 0,2500 \\ 1,0000 \end{bmatrix} \cdot 0,3871 = \begin{bmatrix} 0,4215 \\ 0,6055 \\ 0,2671 \\ 0,7495 \\ 1,4069 \\ 1,2050 \\ 2,3446 \end{bmatrix}
 \end{aligned}$$

0,4529	0,0516
0,7012	0,0799
0,3309	0,0377
0,9211	0,1050
2,0000	0,2279
1,6407	0,1870
2,7285	0,3109

Vektor Prioritas      Bobot Prioritas

Selanjutnya vektor prioritas ini dikalikan dengan matriks semula, menghasilkan nilai untuk tiap baris, yang selanjutnya setiap nilai dibagi kembali dengan nilai vektor yang bersangkutan. Nilai rerata hasil pembagian ini merupakan principal eigen value maksimum ( $\lambda_{maks}$ ).

Selanjutnya, membagi semua elemen dari jumlah matriks dengan elemen priority vector masing-masing.

$$\frac{0,4215}{0,0516} = 8,1668 ; \frac{0,6055}{0,0799} = 7,5782 ; \frac{0,2671}{0,0377} = 7,0833 ; \frac{0,7495}{0,1050} = 7,1407$$

$$; \frac{1,4069}{0,2279} = 6,1728 ; \frac{0,12050}{0,1870} = 6,4448$$

$$; \frac{2,3446}{0,3109} = 7,5404$$

Selanjutnya, menghitung nilai rata-rata untuk mendapatkan merupakan principal eigen value maksimum ( $\lambda_{maks}$ ).

$$\lambda_{maks} = \frac{8,1668+7,5782+7,0833+7,1407+6,1728+6,4448+7,5404}{7} = \frac{50,1269}{7} = 7,1610$$

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} = \frac{7,1610 - 7}{6} = 0,0268$$

Selanjutnya Consistency Ratio ( $CR$ ) dinyatakan dengan persamaan  $CR = \frac{CI}{RI}$ , dengan  $RI$  (Random Index), yang tergantung dari jumlah unsur dalam matriks ( $= n$ ) menurut Tabel 15 berikut:

Tabel 15. Nilai  $RI$  sesuai Alternatif

$n$	5	6	7	8	9	10
$RI$	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Sumber: Saaty (2003)

Untuk  $n = 7$ ,  $RI = 1,32$ , Maka:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0,0268}{1,32} = 0,020327 ;$$

$$CR = 2,0327\% < 10\% \text{ (Konsisten)}$$

Untuk 3 alternatif; KTC-1, KTC-2 dan KTC-3. Rekapitulasi hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 16 berikut.

Tabel 16 Hasil perhitungan CR

Tipe	$\lambda_{maks}$	$CI$	$RI$	$CR$	Hasil
KTC-1	7,1610	0,0203	1,32	2,0327%	Konsisten
KTC-2	7,1444	0,0241	1,32	1,8228%	Konsisten
KTC-3	7,6588	0,1098	1,32	8,3187%	Konsisten

Dari hasil analisis pada Tabel 16, terlihat bahwa semua tipe konfigurasi Tower Crane, mendapatkan nilai konsistensi yang memenuhi syarat ( $<10\%$ ). Urutan dari hirarki yang sangat berpengaruh terhadap operasional dari tower crane dari nilai bobot

priority kriteria dapat dilihat pada Tabel 17 berikut.

Tabel 17. Hasil analisis bobot priority kriteria yang dominan

Kriteria	KTC-1	KTC-2	KTC-3	Hirarki
Ekonomis/ Biaya	0,3109	0,3210	0,3218	1
Efisiensi Waktu	0,2279	0,2196	0,2979	2
Kemudahan Pelaksanaan	0,1870	0,1877	0,1648	3
Optimal Transportasi Material	0,1050	0,1036	0,0948	4
Teknis Posisi TC	0,0799	0,0739	0,0595	5
Jangkauan Operasional	0,0516	0,0523	0,0328	6
Kecepatan Install TC	0,0377	0,0418	0,0282	7

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Berdasarkan bobot priority pada Tabel 17 di atas, untuk kriteria Ekonomis/ Biaya sebagai urutan hirarki yang pertama, dengan nilai bobot sebesar 0,3109 (KTC-1), 0,3210 (KTC-2) dan 0,3218 untuk konfigurasi tower crane tipe KTC-3. Selanjutnya maka dapat ditampilkan matriks berpasangan untuk masing-masing alternatif terhadap kriteria yang ditentukan. Hasil matriks penilaian KTC pada kriteria ekonomis/biaya secara berpasangan tersebut, dapat dilihat pada Tabel 18 berikut. Penilaian berpasangan juga dilakukan terhadap kriteria lainnya, yang ditampilkan dalam bentuk matriks.

Tabel 18 Matriks Penilaian KTC - Kriteria Ekonomis/Biaya

Konfigurasi	KTC-1	KTC-2	KTC-3	Rerata	Bobot
KTC-1	1,0000	0,9709	0,9686	0,9797	0,3265
KTC-2	1,0300	1,0000	0,9976	1,0091	0,3363
KTC-3	1,0325	1,0024	1,0000	1,015	0,3371
$\sum$ kolom				3,0003	1,0000

Sumber: Hasil Analisis, 2021

Hasil selengkapnya untuk perhitungan bobot pada masing-masing konfigurasi tower crane (KTC) terhadap masing-masing kriteria, dapat dilihat pada Tabel 19 berikut.

Tabel 19 Hasil nilai bobot matriks berpasangan KTC – kriteria

Kriteria \ KTC	Optimal Trans. Material	Efisiensi Waktu	Kemudahan Pelaksanaan	Ekonomis / Biaya	Nilai Matrix
(KTC-1)	0.3459	0.3057	0.3422	0.3265	0.3268
(KTC-2)	0.3415	0.2946	0.3431	0.3363	0.3275
(KTC-3)	0.3125	0.3997	0.3147	0.3371	0.3515

Sumber: Hasil Analisis, 2022

### Hasil Perhitungan

Setelah dilakukan analisa dan perhitungan pada semua kriteria dan subkriteria, maka didapatkan hasil perhitungan untuk masing-masing konfigurasi tower crane (KTC) yang terlihat pada Tabel 20 berikut.

Tabel 20 Hasil analisis penilaian bobot KTC

Konfigurasi TC	Bobot (%)	Rangking
(KTC-3)	33,78%	1
(KTC-2)	33,12%	2
(KTC-1)	33,10%	3

Sumber: Hasil Analisis, 2021

### Maka yang menjadi Prioritas sebagai Alternatif KTC adalah:

Prioritas 1 : KTC - 3 : 33,78% ; Konfigurasi pergeseran posisi Tower Crane  
 Prioritas 2 : KTC - 2 : 33,12% ; Konfigurasi pertukaran posisi Tower Crane  
 Prioritas 3 : KTC - 1 : 33,10% ; Konfigurasi tower crane eksisting

Analisis regresi digunakan untuk menguji bagaimana pengaruh variabel independen ( $R$ ) terhadap variabel dependen tingkat risiko efektifitas operasional TC ( $Y_R$ ) dengan pola multi-linear variabel yang dirumuskan dengan persamaan linier 4 variabel berikut:

$$Y_R = 0,201R_1 + 0,197R_2 + 0,202R_3 + 0,248R_4 + 0,153R_5 \dots (11)$$

dimana:  $R_1$  = faktor administrasi,  $R_2$  = faktor pelaporan,  $R_3$  = faktor internal dan eksternal,  $R_4$  = faktor sasaran sumberdaya, dan  $R_5$  = faktor sasaran operasional TC

Hasil analisis perhitungan nilai *Cronbach Alpha (CA)* sebesar 0,928 bernilai reliabel dan dapat diterima

### Rancangan Pengujian Hipotesis

Untuk menguji hubungan yang signifikan antara variabel  $X$  dengan variabel  $Y$ , maka digunakan statistik uji  $t$ . Hasil dari uji  $t$  dapat dilihat pada Tabel 21 berikut ini.

Tabel 21 Hasil uji  $t$  dengan SPSS

Coefficients <sup>a</sup>						
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	-.004	.002		-1.760	.087
	Internal_Eksternal	.202	.016	.195	12.959	.000
	Sasaran_Resouces	.248	.033	.274	7.540	.000
	Sasaran_Operasional_TC	.153	.032	.171	4.753	.000
	Administrasi	.201	.002	.203	95.207	.000
	Pelaporan	.197	.016	.193	12.394	.000

a. Dependent Variable: Y\_dependent\_variable

Pengujian hipotesis secara parsial (Uji Statistik  $t$ ) yaitu dengan kesimpulan berikut:

$$H_{a1} : \beta_1 \neq 0, \text{ artinya variabel } X \text{ mempengaruhi variabel } Y$$

Perhitungan untuk uji  $t$  sebagaimana pada perhitungan berikut:

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,872\sqrt{5-2}}{\sqrt{1-0,872^2}} = 6,303$$

$H_0$  diterima dengan nilai  $t_{hitung} = 6,303$  berada di luar daerah penerimaan  $H_0$ , dimana  $t_{hitung} > t_{tabel} = 2,015$  dan nilai  $Sig > \alpha$  ( $0,48 > 0,05$ ).

Angka signifikansi didapatkan sebesar  $0,48 > 0,05$  maka diputuskan untuk menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ , artinya variabel  $X$  akan mempengaruhi variabel  $Y$

### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Optimalisasi operasional tower crane ditinjau dari faktor-faktor sumber daya

- manusia, sumber daya material, sumber daya metode, dan kondisi lingkungan dengan kriteria berdasarkan pendekatan strategi manajemen risiko yaitu:
- a. Memaksimalkan aspek administrasi beserta sub kriteria.
  - b. Memaksimalkan dan mengatasi masalah internal/eksternal dan sub kriteria.
  - c. Memaksimalkan aspek sasaran resource (sumberdaya) beserta sub kriteria
  - d. Mengefisienkan sasaran operasional tower crane beserta sub kriteria
2. Dari kriteria respons risiko yang dominan (major risk), perlu dilakukan strategi untuk merubah konfigurasi tower crane eksisting, agar didapatkan konfigurasi yang efektif dengan melakukan analisis expert choice menggunakan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) terhadap 3 alternatif konfigurasi TC termasuk juga terhadap konfigurasi eksisting.
- a. Analisis AHP untuk optimalisasi operasional tower crane dengan hasil hirarki kriteria respons yang dominan, yaitu: kriteria ekonomis/biaya, efisiensi waktu, kemudahan pelaksanaan dan kriteria transportasi material arsitektural.
  - b. Kriteria respons risiko minor dari operasional tower crane, secara hirarki yaitu: kriteria jangkauan operasional, kecepatan install tower crane dan kriteria teknis posisi tower crane
  - c. Alternatif konfigurasi tower crane KTC-3 yang efektif mempunyai nilai bobot sebesar 33,78% dengan konfigurasi posisi perubahan dari konfigurasi tower eksisting dan mampu mempersingkat waktu pelaksanaan 10 hari atau 5,55%
  - d. Berdasarkan analisis sensitifitas yang dilakukan, ditemukan bahwa alternatif konfigurasi urutan teratas konsisten, dan dilakukan perhitungan menggunakan Expert Choice, hasil yang sama didapatkan.
- Duffield, C & Trigunaryah, B. (1999), Project Management Conception to Completion. Engineering Education Australia.(EEA). Australia.
- Godfrey, P., Halcrow, W. S., & Partners, L. (1996). Control of Risk A Guide to Systematic Management of Risk from Construction. Westminster, London: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA).
- Hendrickson, C., and Horvarth A. (1998), Comparison of Environmental Implication of Asphalt and Steel Reinforced Concrete Pavement, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 1626(1): pp. 105-113
- Kangari, R. (1995), Risk Management Perceptions and Trends of U.S.Construction. Journal of Construction Engineering and Management. ASCE. December.
- Kwan, M., Irvan Anggrawan dan Ratna Setiawardani Alifen, (2014), Model Pengukuran Tingkat Keselamatan Kerja Penggunaan Tower Crane, Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil, Vol 3, No 2 (2014) hal. 1-7
- Labombang, Mastura (2011), Manajemen Risiko dalam Proyek Konstruksi, Jurnal SMARTek, Vol 9, No 1: 39-46
- Maulana, Ahmad Waris dan Budi Santosa (2020), Jurusan Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Risk Management Analysis of Building Construction Project in the Jakarta City, Jurnal Fondasi, Vol. 9, No 1: 54-62
- Norken, I, Nyoman., Yudha Astana, I Nyoman; Ayu Manuasri, dan Luh Komang (2012). Manajemen Risiko Pada Proyek Konstruksi di Pemerintah Kabupaten Jembrana. Jurnal Ilmiah Teknik Sipil, Vo. 16, No.2, hal. 202-211
- Nusa Konstruksi Eninjirng, PT., Tbk. (2020), Laporan Progress Proyek Holland Village (PHV) Jakarta, NKE Reports, Jakarta
- Pagassang, J. dan Rostiyanti SF (2018), Analisis Optimasi Penempatan dan Pengadaan Tower Crane pada Proyek Highrise Building, Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, dan Ilmu Kesehatan, Vol. 2, No. 1: hlm 116-128

## DAFTAR PUSTAKA

- Patil, K.D. and Bhangale P.P., (2017), Optimization of Tower Crane in Mega Construction Project – Case Study, International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology, ISO 3297:2007 Certified Vol. 4, Issue 2, pp. 94-99
- Susanto, (2009), Evaluasi Kinerja Waktu dan Biaya pada Proyek Bangunan Bertingkat dengan Pendekatan Metode Earned Value, Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik Universitas Indonesia
- Tiantian, Jiang. (2020) Safety Risk Analysis and Control of Tower Crane, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 546 (2020) 042070, IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/546/4/042070
- Yudha, Bima Anggaruci B., Jojok Widodo Soetjipto dan Dwi Nurtanto (2016), Evaluasi Penempatan Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Jember Icon (Evaluation of Tower Crane Positioning in Jember Icon Project), Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan (01):7, DOI: 10.19184/jrsl.v1i01.3740
- Yuliana, C. dan Gawit Hidayat (2018), Manajemen Risiko Pada Proyek Gedung Bertingkat di Banjarmasin, Jurnal Info-Teknik, 18 (2): 255-270.