

DESAIN TATA LETAK TOWER CRANE MENGGUNAKAN METODE MULTI-OBJECTIVE FUNCTION PADA PEMBANGUNAN HOTEL X

Kharisma Bharqi Abdillah¹, Sitti Safiatu Riskijah²

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang²

¹kharismabhar07@gmail.com, ²sitti.safiatu@polinema.ac.id

ABSTRAK

Penentuan tata letak *tower crane* yang optimal pada proyek konstruksi gedung tinggi sangat penting untuk menjamin efisiensi operasional dan keselamatan kerja. Penelitian ini bertujuan merancang tata letak *tower crane* optimal pada Proyek Pembangunan Hotel X di Jawa Timur. Data yang diperlukan berupa gambar *site layout*, hasil wawancara frekuensi perjalanan tenaga kerja, serta spesifikasi teknis *tower crane*. Analisis dilakukan melalui pendekatan *Multi-Objective Function* untuk menganalisis 3 alternatif tata letak secara kuantitatif. Perhitungan mempertimbangkan dua aspek utama yaitu *Travelling Distance* (TD) sebagai indikator efisiensi pergerakan, dan *Safety Index* (SI) sebagai ukuran risiko interaksi bahaya antar fasilitas di lokasi proyek, dilanjutkan dengan diagram Pareto dan penyetaraan nilai menggunakan pembobotan 40% untuk TD dan 60% untuk SI guna mengakomodasi prioritas keselamatan di lokasi padat perkotaan. Hasil menunjukkan bahwa Alternatif 1 pada koordinat $X = 40,878$ dan $Y = 52,358$ merupakan tata letak TC optimal, meskipun memiliki nilai TD yang lebih tinggi (19.050), namun memberikan SI terendah (912) dibanding alternatif lain. Dengan menggunakan *tower crane* tipe QTZ 100, konfigurasi ini dinilai paling optimal karena mampu menyeimbangkan efisiensi dan keselamatan secara komprehensif.

Kata kunci : *tower crane*; tata letak optimal; *multi-objective function*; *travelling distance*; *safety index*; penyetaraan nilai

ABSTRACT

Determining the optimal tower crane layout in high-rise construction projects is crucial to ensure operational efficiency and work safety. This study aims to design an optimal tower crane layout for Hotel X Development Project in East Java. The required data are site layout drawings, interviews with workers on travel frequency, and tower crane technical specifications. The analysis is conducted using a *Multi-Objective Function* approach to quantitatively analyze three layout alternatives. The calculation considers two main aspects, namely *Traveling Distance* (TD) as an indicator of movement efficiency, and *Safety Index* (SI) as a measure of the risk of hazard interactions between facilities at the project site, followed by a Pareto diagram and value equalization using a weighting of 40% for TD and 60% for SI to accommodate safety priorities in dense urban locations. The results show that Alternative 1 at coordinates $X = 40.878$ and $Y = 52.358$ is the optimal TC layout, although it has a higher TD value (19.050), but provides the lowest SI (912) compared to other alternatives. By using the QTZ 100 type tower crane, this configuration is considered the most optimal because it is able to balance efficiency and safety comprehensively.

Keywords : *tower crane*; optimal layout; *multi-objective function*; *travelling distance*; *safety index*; value equalization

1. PENDAHULUAN

Dalam proyek konstruksi bangunan bertingkat seperti hotel, efisiensi operasional dan keselamatan kerja menjadi dua aspek kritis yang harus dikelola secara optimal. Salah satu faktor penentu keberhasilan dalam proyek-proyek tersebut adalah penempatan fasilitas pendukung yang strategis, khususnya alat berat seperti *tower crane*. Alat ini

berperan sentral dalam mobilisasi material dari area *demand* ke lokasi pekerjaan di berbagai lantai, sehingga tata letaknya secara langsung mempengaruhi durasi proyek, produktivitas tenaga kerja, serta tingkat risiko kecelakaan kerja.

Penempatan *tower crane* yang tidak optimal dapat menimbulkan berbagai permasalahan, seperti jarak tempuh material yang terlalu jauh (*travelling distance*), konflik

dengan fasilitas lain di lapangan, hingga potensi bahaya terhadap pekerja maupun bangunan di sekitarnya. Di lokasi proyek yang berada di kawasan padat perkotaan seperti Proyek Pembangunan Hotel X di Jawa Timur keterbatasan lahan dan kedekatan dengan bangunan eksisting memperbesar risiko keselamatan, sebagaimana pernah terjadi insiden hampir terjadinya benturan antara material dan bangunan tetangga saat pengangkutan bekisting.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu pendekatan sistematis dan terukur dalam menentukan tata letak *tower crane* yang mampu menyeimbangkan dua tujuan utama, yaitu efisiensi operasional dan keselamatan kerja. Dalam penelitian ini, dua parameter kunci digunakan sebagai dasar evaluasi, yaitu *Travelling Distance* (TD) yang merepresentasikan efisiensi jarak tempuh material dan tenaga kerja, serta *Safety Index* (SI) yang mengukur tingkat risiko berdasarkan jarak dan frekuensi interaksi antar fasilitas di lokasi proyek.

Untuk mengintegrasikan kedua tujuan yang saling bertentangan ini, digunakan pendekatan *Multi-Objective Function*, yang memungkinkan analisis terhadap beberapa alternatif tata letak secara kuantitatif. Metode ini tidak hanya mempertimbangkan satu aspek dominan, tetapi mencari solusi optimal yang memberikan keseimbangan antara efisiensi dan keselamatan melalui proses penyetaraan nilai dan pembobotan.

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini menganalisis tiga alternatif tata letak *tower crane* dengan mempertimbangkan *Travelling Distance* dan *Safety Index*, kemudian hanya menampilkan alternatif optimal sebagai hasil akhir. Penentuan bobot dilakukan dengan proporsi 40% untuk TD dan 60% untuk SI, guna mengakomodasi prioritas keselamatan pada proyek di kawasan perkotaan yang padat.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi panduan dalam perencanaan tata letak *tower crane* pada proyek konstruksi bertingkat, khususnya di lingkungan perkotaan yang kompleks dan penuh tantangan.

2. METODE

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer mencakup: frekuensi perjalanan tenaga kerja yang diperoleh melalui wawancara serta pengisian kuesioner oleh staf kontraktor di lapangan, yang digunakan untuk menghitung intensitas pergerakan antar fasilitas; dan jarak antar fasilitas yang diukur menggunakan AutoCAD berdasarkan rute perjalanan aktual pada *site layout*, yang berfungsi sebagai dasar perhitungan *Travelling Distance* (TD). Sementara itu, data sekunder meliputi spesifikasi teknis *tower crane*, *site layout*, dan *shop drawing*, yang dimanfaatkan untuk menentukan kapasitas

peralatan, posisi fasilitas, serta batasan teknis dalam penyusunan alternatif tata letak..

Analisis Data

Tata letak *tower crane* dilakukan dengan menggunakan metode *multi-objective function* yang menggabungkan dua parameter utama, yaitu jarak tempuh (*travelling distance*) dan indeks keselamatan (*safety index*). Proses analisis ini dimulai setelah semua data yang dibutuhkan terkumpul, diawali dengan identifikasi fasilitas penunjang serta spesifikasi *tower crane*, kemudian dibuat beberapa alternatif tata letak sebagai bahan evaluasi.

Selanjutnya dilakukan perhitungan jarak antar fasilitas dan nilai keamanan berdasarkan analisis risiko bahaya yang ada di lokasi proyek. Untuk setiap alternatif tata letak yang telah disusun, nilai *travelling distance* dan *safety index* dihitung secara detail. Penentuan alternatif optimal dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu melalui diagram Pareto optimum yang menggambarkan *trade-off* antara jarak tempuh dan keselamatan, serta dengan metode nilai penyetaraan yang membantu dalam pengambilan keputusan secara kuantitatif.

Hasil analisis menghasilkan alternatif terpilih yang memiliki keseimbangan optimal antara efisiensi *travelling distance* dan tingkat *safety index*. Alternatif terpilih inilah yang dijadikan acuan dalam perancangan akhir tata letak *tower crane* pada proyek konstruksi, sehingga mendukung kelancaran operasional dan meningkatkan keselamatan kerja di lapangan.

Fasilitas Penunjang

Sebelum merencanakan tata letak *Tower Crane* harus mengidentifikasi terlebih dahulu fasilitas penunjang yang ada pada proyek tersebut. Fasilitas sementara yang ada pada Proyek Pembangunan Hotel X.

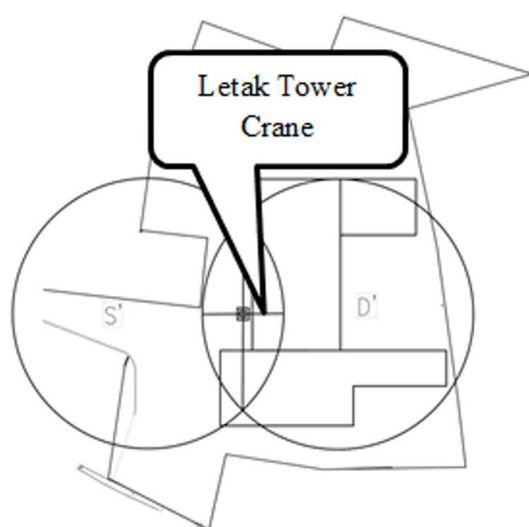
Tipe Tower Crane

Pemilihan tipe *tower crane* berdasarkan dengan kapasitas angkat dan lengan *tower crane* yang harus bisa menjangkau area *demand* proyek. Sebelumnya harus mencari beban maksimal dari pengangkutan material ke lokasi kerja proyek. Kemudian mencari tipe *tower crane* yang spesifikasinya memenuhi.

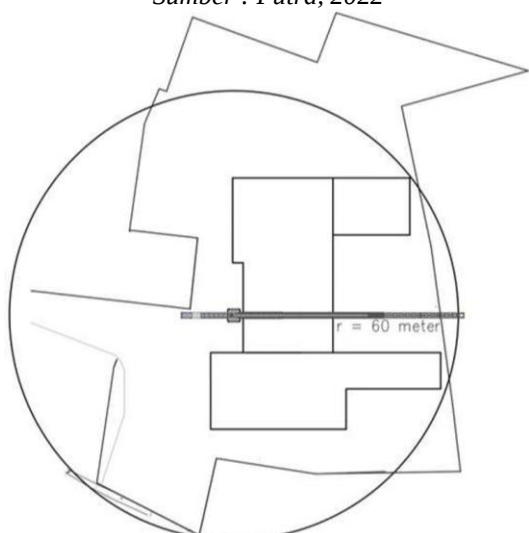
Tata Letak Tower Crane Metode Feasible Area

Menurut Putra (2022), pada saat perencanaan perletakkan *tower crane* pasti diperlukan metode, salah satunya adalah metode *feasible area*. *Feasible Area* adalah perpotongan antara area S (*Supply*) dan area D (*Demand*) yang berbentuk elips, besar radius S dan D ditentukan dari luas kebutuhan S dan D, jika luas S mencakup semua kebutuhan tempat

fabrikasi maka radius itulah yang ditetapkan sebagai area S dan jika luas D mencakup semua tempat untuk kebutuhan dimana tujuan material itu ditujukan maka radius itulah yang ditetapkan sebagai area D. Dtitik tengah elips tersebut ditentukannya perletakkan *tower crane* dari jib dari *tower crane* tersebut. Gambar 1. menunjukkan daerah *Feasible Area* dan Gambar 2. menunjukkan letak *tower crane*.



Gambar 1 Feasible Area
Sumber : Putra, 2022



Gambar 2 Titik Letak Tower Crane
Sumber : Putra, 2022

Alternatif Tata Letak Tower Crane

Perencanaan tata letak *tower crane* menggunakan metode *Multi-Objective Function* dengan menggabungkan nilai *Travelling Distance* dan *Safety Index*. Tujuan dari perencanaan tata letak *tower crane* di suatu proyek untuk mengatur fasilitas maupun area kerja agar tidak terjadi kecelakaan kerja dan juga mencegah ketidak efektifitasan terhadap produktivitas.

Jarak Antar Fasilitas

Penentuan jarak antar fasilitas A ke fasilitas B dilakukan menggunakan aplikasi AutoCAD dengan tools dimensi, mengukur rute perjalanan tenaga kerja dalam satuan meter (m).

Frekuensi Perjalanan Tenaga Kerja

Penentuan frekuensi tenaga kerja dilakukan melalui wawancara dan pengisian kuesioner oleh staf kontraktor yang bertugas di lapangan pada Proyek Hotel X di Jawa Timur.

Nilai Keamanan

Identifikasi tingkat bahaya dilakukan dengan cara mengetahui posisi area yang merupakan penentu nilai safety seperti area panel listrik dan area *tower crane*. Kemudian memperhitungkan nilai *safety* antar fasilitas dengan menggunakan persamaan 1, proporsi jarak menurut Pradana (2004) dalam karya Prabawati (2021).

$$\text{Nilai Safety} = \left(\frac{a}{e} \times f\right) + \left(\frac{b}{e} \times f\right) + \left(\frac{c}{e} \times f\right) + \left(\frac{d}{e} \times f\right) + \dots \quad (1)$$

Keterangan :

- a = Total perjarak ke zona 1 (m)
- b = Total perjarak ke zona 2 (m)
- c = Total perjarak ke zona 3 (m)
- d = Total perjarak ke zona 4 (m)
- e = Total jarak keseluruhan antar fasilitas (m)
- f = Nilai Safety Index (1, 2, 3, 4)

Perhitungan Travelling Distance

Jarak tempuh (*Travelling Distance*) adalah panjang lintasan antara fasilitas yang dilalui material, pekerja, atau peralatan. Menurut Effendi (2012) dalam karya Prabawati (2021), hubungan jarak dan frekuensi perpindahan antar fasilitas dirumuskan dalam persamaan 2.

$$\text{Travelling Distance (TD)} = \sum_{i,j=1}^n dij \times Fij \quad (2)$$

Keterangan :

- TD = Hubungan antara jarak tempuh dengan frekuensi perpindahan antar fasilitas
- n = Jumlah fasilitas
- dij = Jarak actual antara fasilitas i dan j
- Fij = Frekuensi perpindahan antar fasilitas i dan j

Perhitungan Safety Index

Berdasarkan nilai tingkat keamanan (*safety index*) dan frekuensi perpindahan antar fasilitas, Effendi (2012) dalam karya Prabawati (2021) merumuskan persamaan 3 sebagai berikut.

$$Safety Index (SI) = \sum_{i,j=1}^n s_{ij} \times F_{ij} \quad (3)$$

Keterangan :

SI = Hubungan antara tingkat keamanan dengan frekuensi perpindahan antar fasilitas

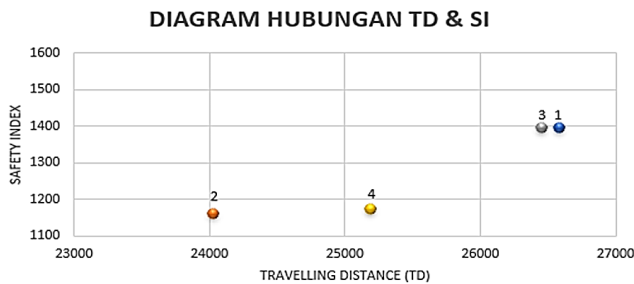
n = Jumlah fasilitas

s_{ij} = Tingkat keamanan antar fasilitas i dan j

F_{ij} = Frekuensi perpindahan antar fasilitas i dan j

Diagram Hubungan Travelling Distance dan Safety Indeks

Menurut Mahdiyah (2021), bentuk dari Site Layout yang optimum adalah site layout yang memiliki nilai Traveling Distance dan Safety Index yang paling minimum atau yang mendekati nilai 0. Setelah menghitung nilai *Travelling Distance* dan *Safety Index*, dilakukan penggambaran diagram hubungan seperti contoh pada gambar 3.



Gambar 3 Diagram Hubungan Travelling Distance dan Safety Index

Sumber : Mahdiyah, 2021

Perhitungan Nilai Penyetaraan

Menurut Prabawati (2021), penyetaraan diperlukan karena nilai jarak tempuh memiliki satuan meter (m), sedangkan nilai tingkat keamanan tidak memiliki satuan. Persamaan untuk menghitung jarak tempuh (*Travelling Distance*) dan tingkat keamanan (*Safety Index*) dijelaskan pada Rumus 4 dan Rumus 5.

$$TD \text{ Penyetaraan} = \left(\frac{\text{Nilai TD m}}{\text{Nilai TD terkecil}} \right) \times P\% \quad (4)$$

$$SI \text{ Penyetaraan} = \left(\frac{\text{Nilai SI m}}{\text{Nilai SI terkecil}} \right) \times P\% \quad (5)$$

Keterangan :

m = Skenario optimasi yang ditawarkan

P = Presentase baik untuk nilai jarak tempuh maupun tingkat keamanan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Umum Proyek

Proyek Pembangunan Hotel X di Jawa Timur merupakan hotel yang berada ditengah-tengah Kabupaten X di Jawa

Timur. Hotel ini memiliki 2 basement dan 7 lantai dengan luas gedung 7.900 m².

Identifikasi Fasilitas Penunjang

Sebelum merencanakan tata letak *tower crane* terlebih dahulu harus mengidentifikasi fasilitas penunjang yang ada di proyek, seperti disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Fasilitas Penunjang dan Kode

Kode	Fasilitas Penunjang
A	Pintu Keluar Masuk Utama Proyek
B	Pintu Keluar Masuk Samping Proyek
C	Direksi Keet
D	Gudang Alat dan Bahan
E	Area Fabrikasi Besi
F	Parkir Kendaraan
G	Pos Security
H	Tower Crane
I	Panel Listrik
J	Zona 1A
K	Zona 1B
L	Zona 2
M	Zona 3

Spesifikasi Tower Crane Kondisi Optimal

Alternatif yang dipilih untuk proyek pembangunan Hotel X di Jawa Timur adalah Tower Crane tipe QTZ 100, dengan spesifikasi teknis yang tercantum pada tabel 2.

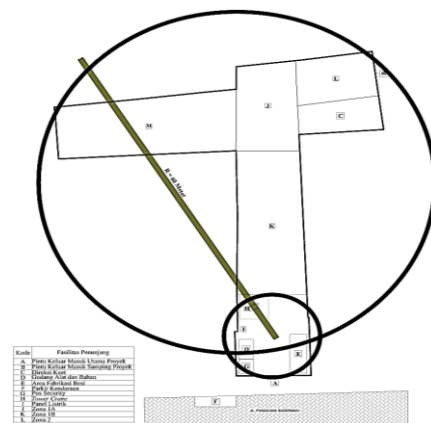
Tabel 2 Spesifikasi Tower Crane QTZ 100

Uraian	Parameter	Satuan
Jenis Tower Crane	QTZ 100	
Beban Angkat Maksimum	6	ton
Panjang Jib	60	meter
Kecepatan Hoisting	80 / 40 / 20	m/menit
Kecepatan Slewing	0 – 0,6	rpm
Kecepatan Trolley	40 / 20	m/menit

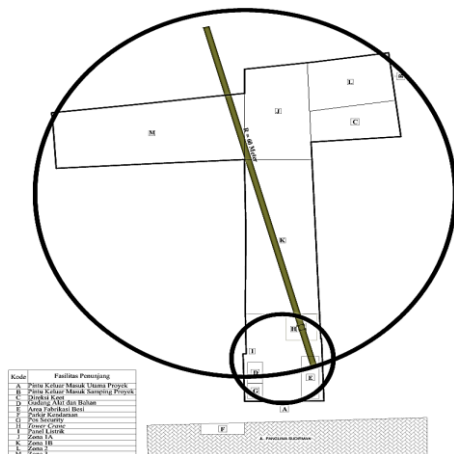
Sumber : Brochure QTZ 100

Tata letak TC Metode Feasible Area

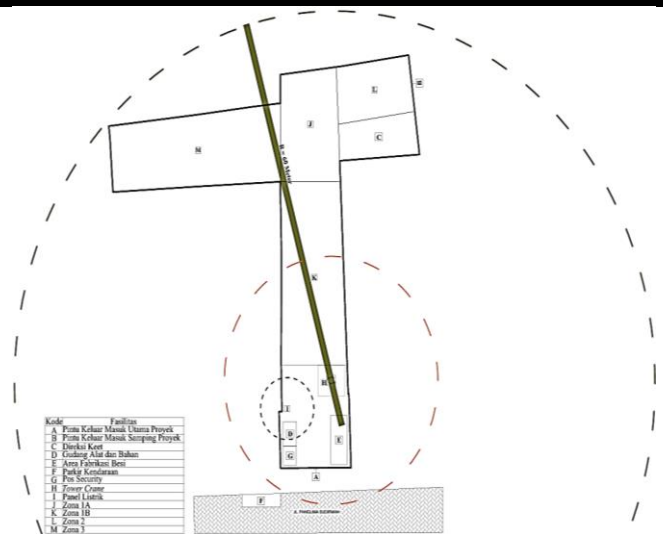
Tata letak *Tower Crane* metode feasible area ada 2 pilihan yaitu, pada koordinat X(34,600); Y(52,358) dan pada koordinat X(40,878); Y(52,358). Disajikan pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4 Tata Letak Tower Crane Koordinat X(34,600); Y(52,358)



Gambar 5 Tata Letak Tower Crane Koordinat X(40,878); Y(52,358)



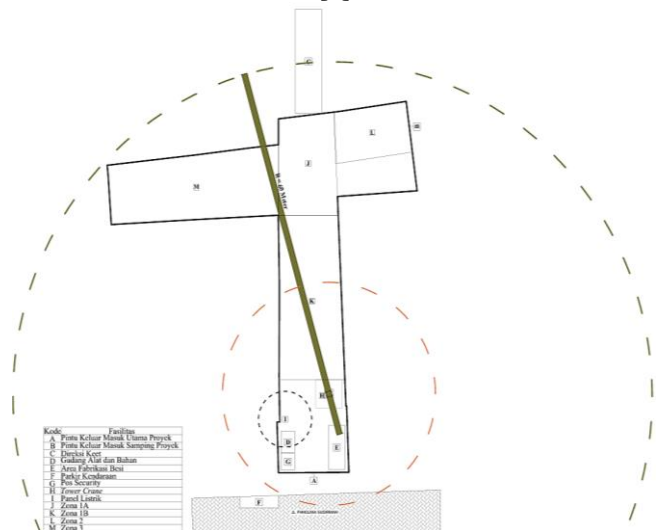
Gambar 7 Site Layout Alternatif 1 [1]

Alternatif Tata Letak Tower Crane

Setelah mengidentifikasi fasilitas penunjang yang dapat dipindahkan serta menentukan alternatif lokasi dan tipe *tower crane*, langkah berikutnya adalah menyusun beberapa alternatif tata letak *tower crane* dan menggambarkan *site layout*-nya. Disajikan pada tabel 3 dan gambar 6 sampai gambar 8.

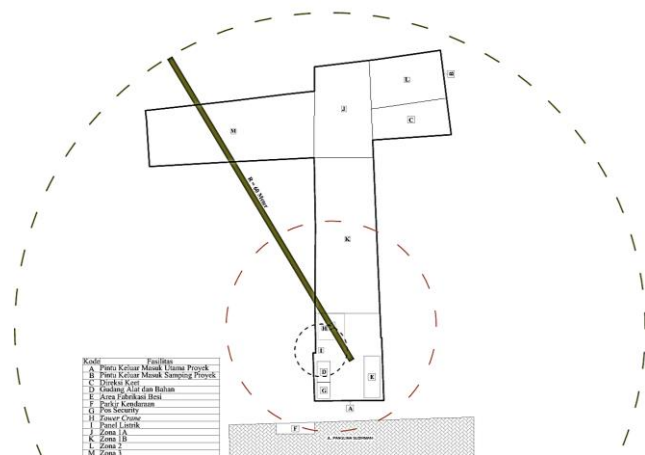
Tabel 3 Alternatif Perencanaan Tata Letak Tower Crane

Alternatif	Tipe Tower Crane	Titik Koordinat TC		Keterangan Fasilitas yang Berubah
		x	y	
Existing	QTZ 100	34.600	52.358	Site layout existing
1	QTZ 100	40.878	52.358	Tata letak tower crane berbeda tapi letak fasilitas masih sama
2	QTZ 100	40.878	52.358	Tata letak tower crane berbeda dan letak fasilitas direksi keet berada di belakang area konstruksi



Gambar 8 Site Layout Alternatif 2 Jarak Tempuh

Setelah dilakukan pengukuran jarak menggunakan aplikasi AutoCAD dengan fitur *dimension tool*, hasil pengukuran tersebut kemudian disusun dalam bentuk tabel jarak antar fasilitas sebagaimana ditunjukkan pada tabel 4.



Gambar 6 Site Layout Existing Proyek

Tabel 4 Jarak Antar Fasilitas

Jarak Antar Fasilitas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	0	88	97	13	3	12	5	15	14	102	16	88	118
B	88	0	8	102	92	98	94	104	103	14	30	1	29
C	97	8	0	111	101	107	102	112	112	14	31	1	30
D	13	102	111	0	16	25	11	13	6	116	14	102	132
E	3	92	101	16	0	15	6	17	16	106	18	92	122
F	12	98	107	25	15	0	17	27	26	112	28	98	128
G	5	94	102	11	6	17	0	18	11	108	19	94	123
H	15	104	112	13	17	27	18	0	10	118	5	104	133
I	14	103	112	6	16	26	11	10	0	117	11	103	132
J	102	14	14	116	106	112	108	118	117	0	1	1	1
K	16	30	31	14	18	28	19	5	11	1	0	16	17
L	88	1	1	102	92	98	94	104	103	1	16	0	15
M	118	29	30	122	122	128	123	133	132	1	17	15	0

Frekuensi Perjalanan Tenaga Kerja

Setelah dilakukan wawancara dan pengisian kuesioner oleh staf kontraktor yang bertugas di lapangan mengenai frekuensi perjalanan tenaga kerja pada Proyek Hotel X di Jawa Timur, hasil data yang diperoleh kemudian disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5 Rata-Rata Frekuensi Perjalanan Tenaga Kerja

Frekuensi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	0	4	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3
B	4	0	4	2	2	5	4	2	1	3	3	3	3
C	3	4	0	2	2	4	3	2	1	3	3	4	3
D	3	2	2	0	2	2	3	2	2	2	2	2	2
E	2	3	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2	2
F	3	4	4	2	2	0	3	2	1	3	2	3	3
G	3	2	3	3	2	3	0	2	2	2	2	2	1
H	3	3	2	3	2	1	3	0	2	2	2	2	1
I	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
J	3	3	3	3	2	2	2	2	1	0	4	4	4
K	3	4	3	3	2	2	2	2	1	4	0	3	4
L	2	3	3	2	2	2	2	2	1	4	3	0	3
M	2	3	3	2	2	2	2	2	1	4	4	4	0

Nilai Keamanan

Berdasarkan data rata-rata frekuensi perjalanan tenaga kerja yang telah diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan

menggunakan Persamaan 1. Hasil perhitungan tersebut menghasilkan nilai keamanan yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6 Nilai Safety

Nilai Safety	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
A	0	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2
B	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
D	3	2	2	0	3	3	3	3	4	2	3	2	2
E	3	2	2	3	0	3	3	3	3	2	3	2	2
F	3	2	2	3	3	0	3	3	3	2	3	2	2
G	3	2	2	3	3	3	0	3	3	2	3	2	2
H	3	2	2	3	3	3	3	0	3	2	3	2	2
I	3	2	2	4	3	3	3	3	0	2	3	2	2
J	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2
K	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	0	2	2
L	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2
M	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0

Perhitungan Travelling Distance

Setelah perhitungan dilakukan menggunakan rumus persamaan 2 pada kondisi alternatif optimum didapatkan nilai *Travelling Distance* 19,050 hasilnya disajikan dalam tabel 7 berikut.

Tabel 7 Perhitungan Travelling Distance Kondisi Optimal

TD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Tot
A	0	320	283	43	8	43	18	38	26	278	41	258	296	1653
B	347	0	34	236	176	454	329	209	114	39	80	3	89	2110
C	264	34	0	223	193	441	329	237	101	47	88	4	90	2050
D	42	195	245	0	27	44	35	26	11	257	32	216	291	1420
E	8	241	203	33	0	27	15	31	19	235	41	185	257	1295
F	40	404	430	62	30	0	58	49	24	305	57	267	321	2047
G	17	226	277	36	11	44	0	37	19	216	39	226	173	1322
H	41	261	181	33	26	33	48	0	19	249	11	198	187	1286
I	20	134	67	9	16	24	16	15	0	129	15	103	106	655
J	268	46	41	304	182	192	216	225	94	0	4	4	4	1579
K	43	111	98	36	35	49	43	11	15	4	0	54	60	560
L	196	3	3	246	148	198	141	177	72	4	49	0	51	1289
M	249	89	97	278	196	193	185	241	120	4	72	60	0	1782
Total														19050

Hasil rekap perhitungan nilai *Travelling Distance* untuk masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8 Rekapitulasi Perhitungan Travelling Distance

Alternatif	Nilai TD	Penurunan	Kenaikan
Site Layout Existing	19,014.61	-	-
Alternatif 1	19,049.72	-	0.0018
Alternatif 2	21,649.57	-	0.1386

Setelah melakukan perhitungan dari beberapa alternatif, maka didapatkan hasil nilai *Travelling Distance* terkecil yaitu pada Site Layout Existing, dengan nilai sebesar 19014,61 yang tidak mengalami penurunan maupun kenaikan nilai *Travelling Distance*. Hal ini menunjukkan bahwa Site Layout Existing memiliki performa yang sama efisiennya dengan kondisi eksisting dalam hal jarak tempuh perpindahan tenaga kerja di lokasi proyek.

Perhitungan Safety Index

Setelah perhitungan dilakukan menggunakan rumus 3 pada kondisi alternatif optimum didapatkan nilai *Safety Index* 912 hasilnya disajikan dalam tabel 9.

Tabel 9 Safety Index Kondisi Optimal

SI	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	Tot
A	0	8	6	11	7	10	10	8	6	6	8	6	5	90
B	9	0	8	5	4	10	8	5	3	6	5	7	6	75
C	6	8	0	5	4	9	7	5	2	6	6	7	6	71
D	10	4	5	0	5	5	11	7	7	5	7	5	5	78
E	7	6	4	7	0	5	6	5	4	5	7	4	5	65
F	9	9	9	8	6	0	10	5	3	6	6	6	6	83
G	9	5	6	11	5	8	0	6	6	4	6	5	3	75
H	8	6	4	8	5	4	8	0	6	5	6	4	3	66
I	5	3	1	5	3	3	5	5	0	3	4	2	2	41
J	6	7	6	6	4	4	4	4	2	0	8	8	8	66
K	8	7	6	8	6	5	7	6	4	7	0	6	7	78
L	5	6	6	6	4	5	3	4	2	8	6	0	7	60
M	5	6	6	5	3	3	3	4	2	8	8	8	0	62
Total														912

Hasil rekap perhitungan nilai *Safety Index* untuk masing-masing alternatif dapat dilihat pada tabel 10.

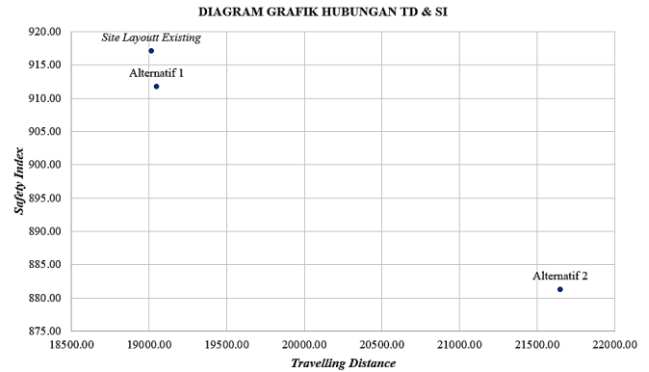
Tabel 10 Rekapitulasi Perhitungan Safety Index

Alternatif	Nilai SI	Penurunan	Kenaikan
Site Layout Existing	917.07	-	-
Alternatif 1	911.68	-0.9521	-
Alternatif 2	881.20	-0.9537	-

Setelah dilakukan perhitungan terhadap beberapa alternatif, diperoleh nilai *Safety Index* terkecil pada Alternatif 2, yaitu sebesar 881,20, yang mengalami penurunan sebesar 0,9537 dari nilai *Safety Index* pada Site Layout Existing sebesar 917,09. Penurunan nilai ini menunjukkan bahwa penempatan tower crane pada Alternatif 2 berada di lokasi yang lebih aman, karena meminimalkan lintasan crane yang melintasi zona-zona berbahaya, seperti area lalu lintas pekerja, panel listrik, atau zona material berat.

Diagram Hubungan Travelling Distance dan Safety Index

Setelah menghitung nilai *Travelling Distance* dan *Safety Index*, dilakukan penggambaran diagram hubungan seperti pada gambar 9 berikut.



Gambar 9 Diagram Hubungan Travelling Distance dan Safety Index

Perhitungan Nilai Penyetaraan

Dengan mempertimbangkan kondisi eksisting yang berdekatan dengan bangunan komersial serta risiko keamanan yang tinggi, digunakan kombinasi bobot *Safety Index* dan *Travelling Distance* sebesar 60:40. Pemilihan bobot ini ditujukan untuk menjaga keseimbangan antara aspek keselamatan dan efisiensi operasional. Perhitungan penyetaraan nilai dilakukan berdasarkan Rumus 4 dan 5, dengan hasil disajikan pada Tabel 9.

Tabel 11 Penyetaraan TD & SI dengan presentase 40% & 60%

Alternatif	TD	SI	TDx40%	Si60%	Total	Min
Site Layout Existing	19014.61	917.09	0.4000	0.6276	1.0276	1.0246
Alternatif 1	19049.74	911.68	0.4007	0.6239	1.0246	
Alternatif 2	21649.57	881.20	0.4554	0.6030	1.0584	

Berdasarkan Tabel 9, Alternatif 1 memiliki nilai *Travelling Distance* dan *Safety Index* terendah, sehingga menjadi pilihan paling optimal.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil optimasi tata letak tower crane menggunakan *multi-objective function* pada Pembangunan Hotel X di Jawa Timur didapatkan hasil dari masing-masing pembahasan tersebut, berikut adalah kesimpulan dari pembahasan tersebut :

1. Spesifikasi Tower Crane yang layak digunakan adalah tipe QTZ 100 dan Sany SYT80 (T6510-8) dengan alternatif koordinat tata letak di X(34,600); Y(52,358) dan X(40,878); Y(52,358).

2. Tata letak paling optimal berdasarkan Travelling Distance adalah Site Layout Existing dan Alternatif 4 dengan nilai 19014,61.
3. Tata letak paling optimal berdasarkan Safety Index adalah Alternatif 2 dengan nilai 881,20.
4. Tata letak paling optimal berdasarkan gabungan Travelling Distance dan Safety Index adalah Alternatif 1, dengan bobot 30% TD dan 70% SI, menghasilkan nilai TD = 19.050 dan SI = 912.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. N. Mahdiyah, "Perencanaan Penggunaan Tower Crane Untuk Pekerjaan Struktur Proyek Apartemen BeSS Mansion Surabaya," *JOS - MRK*, vol. Volume 2, pp. 202-209, 2021.
- [2] R. A. Pangestu, "ANALISIS PENGGUNAAN TOWER CRANE UNTUK PEKERJAAN," *JOS - MRK Volume 2, Nomor 2*, pp. 27-34, 2021.
- [3] A. D. Prabawati, "OPTIMASI SITE LAYOUT MENGGUNAKAN METODE MULTIOBJECTIVE," *JOS - MRK Volume 2, Nomor 4*, pp. 8-13, 2021.
- [4] M. R. S. Putra, "Manajemen Tower Crane Proyek Pembangunan Hotel Santika Wonosari," *JOS -MRK Volume 3, Nomor 4,,* pp. 220-225, 2022.