

## PERENCANAAN PENGGUNAAN *TOWER CRANE* UNTUK PEKERJAAN STRUKTUR PROYEK APARTEMEN BeSS MANSION SURABAYA

Nachda Nur Mahdiyah<sup>1</sup>, Diah Lydianingias<sup>2</sup>, Susapto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang, <sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, <sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang  
[ynurmahdiyah@gmail.com](mailto:ynurmahdiyah@gmail.com), [diahcipka@gmail.com](mailto:diahcipka@gmail.com), [otpasus@yahoo.com](mailto:otpasus@yahoo.com)

### ABSTRAK

Proyek pembangunan gedung apartemen BeSS Mansion Surabaya memiliki total luas bangunan 86.000 m<sup>2</sup>. Gedung apartemen ini memiliki 44 lantai *Tower Premiere*, 42 lantai *Tower Suite* dan 9 lantai area parkir *Tower Podium*, gedung ini terletak di tengah kota Surabaya. Pembangunan gedung bertingkat memerlukan alat berat untuk mengangkut atau memindahkan material berupa *Tower Crane*. Tujuan analisa dari skripsi ini untuk menghitung jumlah kebutuhan *Tower Crane*, penjadwalan, biaya operasional, *site layout*, *traffic management* dan matriks HIRARC. Data yang digunakan adalah *Shop drawing*, spesifikasi *Tower crane*, dan harga sewa alat berat *Tower Crane*. Hasil perencanaan perhitungan ini, *Tower Crane* yang dibutuhkan untuk melakukan pelaksanaan pekerjaan struktur sebanyak 2 unit *Tower Crane* dengan waktu total pelaksanaan pekerjaan 5.592 jam. Dengan biaya sewa yang dibutuhkan untuk *Tower Crane* type MCT 205 sebesar Rp. 844.266,37 /jam dan untuk *Tower Crane* type Tengda TC 6018 sebesar Rp. 701.184,89 /jam. Pada analisa *site layout* menghasilkan 4 alternatif dan dipilih alternatif 2 karena mendekati angka 0 atau nilai paling minimum dan perencanaan dari *traffic management* menggunakan *one gate system*.

**Kata kunci :** *Tower Crane*, Produktifitas, Penjadwalan, Biaya Operasional, *Site Layout*, *Traffic Management*.

### ABSTRACT

The BeSS Mansion Surabaya apartment building is a construction project with a total building area of 86,000 m<sup>2</sup>. This apartment complex, which is located in the centre of Surabaya, includes 44 stories of *Tower Premiere*, 42 stories of *Tower Suite*, and 9 stories of *Tower Podium* parking area. *Tower Cranes* are used to transport or move materials in the construction of high-rise buildings. The objective of this thesis analysis is to figure out how many *Tower Cranes* are needed, as well as scheduling, operational costs, *site layout*, *traffic management*, and the HIRARC matrix. The data used were shop drawings, *Tower crane* specifications, and *Tower Crane* rental prices. According to the results of this calculating plan, two units of *Tower Cranes* are required to complete structural work, with a total work time of 5,592 hours. *Tower Crane* type MCT 205 requires a rental cost of Rp. 844,266,37 per hour, whereas *Tower Crane* type Tengda TC 6018 requires a rental charge of Rp. 701.184.89 per hour. On the *site layout* study, there are four options, and option 2 has been chosen because it is close to 0 or the minimum value, and *traffic management* planning uses an *one gate system*.

**Keywords :** *Tower Crane*, Productivity, Scheduling, Operational Costs, *Site Layout*, *Traffic Management*.

### 1. PENDAHULUAN

Pada proyek bangunan bertingkat terdapat masalah pokok yang sering kali dijumpai oleh kontraktor dalam pelaksanaannya adalah transportasi vertikal yang bisa disebut juga derek jantungnya pelaksanaan proyek. Lancar suatu kegiatan ini, sangat bergantung pada alat berat ini. Oleh sebab itu, perencanaan penggunaan alat angkat ini harus mempertimbangkan letak existing dan posisi agar menghasilkan biaya pelaksanaan yang murah dan waktu yang sesuai target. Alat berat yang digunakan untuk melayani pekerjaan gedung tinggi adalah *Tower crane*.

*Tower crane* merupakan suatu alat bantu mobilisasi untuk memindahkan material (*material handling equipment*) secara vertikal maupun horizontal ke tempat beda elevasi dan memiliki ruang gerak yang sangat terbatas. Penempatan *Tower Crane* harus memperhatikan letak dan posisi lahan yang tersedia dan jangkauannya.

Proyek pembangunan gedung apartemen BeSS Mansion Surabaya terletak di Jalan Raya Jemursari No 15. Pada saat penulisan ini status proyek masih berjalan dan *Owner* dari proyek ini adalah PT. Bersatu Sukses Group dengan kontraktor pelaksana adalah PT. Adhi Persada Gedung. Bangunan ini memiliki total luas bangunan gedung sebesar

86.000 m<sup>2</sup>. Apartemen BeSS Mansion terdiri dari 3 tower, yaitu *Tower Premier* dan *Tower Suite* dengan luas 51.700 m<sup>2</sup> terdiri 44 lantai dan *Tower Podium* dengan luas 34.300 m<sup>2</sup> dengan 9 lantai basement. Pembangunan apartemen BeSS Mansion Surabaya berada di area tepat di samping Jalan raya jemursari, rel kereta api dan berdempetan dengan Kawasan perkampungan. Sehingga pada waktu pelaksanaan membutuhkan penyelesaian solusi yang cepat agar mengurangi gangguan pada lingkungan sekitar dan mengurangi intensitas gangguan pada saat pelaksanaan pembangunan.

Pengadaan *Tower Crane* dalam pembangunan gedung bertingkat merupakan hal yang sangat penting dan dominan dalam setiap pekerjaan. Jumlah dan spesifikasi *Tower Crane* yang digunakan harus direncanakan dengan baik agar pekerjaan berjalan dengan optimal dan biaya sewa dan biaya operasional tetap ekonomis. Untuk memaksimalkan karakteristik dan spesifikasi *Tower Crane* akan ditinjau dari perkiraan waktu penggunaan *Tower Crane* mencakup waktu untuk Gerakan vertikal (*Hoist*), berputar (*Swing*), Horizontal (*trolley*) dapat dihitung pada setiap jenis pelaksanaan pekerjaan. Dalam perencanaan *Tower Crane*, diperlukan perencanaan yang tepat agar efisien pada biaya yang dikeluarkan.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut: 1. Berapa jumlah *Tower Crane* yang dibutuhkan pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya? 2. Bagaimana jadwal penggunaan *Tower Crane* pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya? 3. Berapa biaya pengadaan *Tower Crane* pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya? 4. Bagaimana *Site Layout* dan *Traffic Mangement* pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya?

Peneliti ini memiliki tujuan untuk: 1. Mengetahui kebutuhan jumlah *Tower Crane* yang dibutuhkan pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya? 2. Membuat jadwal penggunaan *Tower Crane* pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya? 3. Menghitung biaya pengadaan *Tower Crane* pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya? 4. Merencanakan *Site Layout* dan *Traffic Mangement* pada Proyek *Apartemen Bess Mansion* Surabaya?

Manfaat dari penelitian ini bila ditinjau dari segi praktisi, diharapkan dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu untuk menganalisis produktivitas, biaya, *Site Layout* dan *Traffic Management* untuk *Tower Crane* sebagai peralatan pendukung pekerjaan konstruksi. Bila ditinjau dari segi akademis, dapat memberikan sumbangsih pengetahuan di bidang Teknik sipil khususnya tentang alat berat *Tower Crane*.

## 2. METODE

### *Tower Crane*

*Tower Crane* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengangkat material secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak terbatas. Disebut *Tower* karena memiliki rangka vertikal dengan bentuk standard dan

ditancapkan pada perletakan yang tetap. Fungsi utama dari *tower crane* adalah mendistribusikan material dan peralatan yang dibutuhkan oleh proyek baik dalam arah vertikal ataupun horizontal (Rostiyanti, 2008).

Material yang diangkut oleh crane tidak boleh melebihi kapasitasnya karena dapat menyebabkan terjadinya jungkir menurut (Rostiyanti,2008). Dalam pemilihan kapasitas crane hal-hal yang perlu diperhatikan adalah:

1. Berat, dimensi dan daya jangkau pada beban terberat.
2. Ketinggian maksimum alat.
3. Perakitan alat di proyek.
4. Berat alat harus ditahan oleh strukturnya.
5. Ruang yang tersedia untuk alat.
6. Luas area yang harus dijangkau alat.
7. Kecepatan alat untuk memindahkan material.

Sedangkan faktor luar yang harus diperhatikan antara lain kekuatan angin terhadap alat, ayunan beban pada saat dipindahkan, kecepatan pemindahan material, dan pengereman mesin dalam pergerakannya.

Menurut (Ervianto, 2008), dalam menentukan tata letak alat *tower crane* harus memperhatikan beberapa hal sebagai berikut ini:

1. Arah gerak atau lintasan *tower crane* sebaiknya sejajar dengan arah memanjang dari bangunan.
2. Harus tersedia ruang cukup untuk proses erection dan dismantling.
3. Dengan ukuran *tower crane* yang minimum, radius dan tinggi dan dapat menjangkau 100 % area gedung.

### Jarak Tempuh Pada *Tower Crane*

#### 1. Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh vertikal *tower crane* adalah jarak total yang ditempuh oleh hoist secara vertikal, untuk mengangkat material dari sumber material ke tempat tujuan (abdelmegid et al (2015, 522)).

#### 2. Jarak Tempuh Rotasi

Jarak tempuh rotasi adalah berupa sudut rotasi. Sudut rotasi adalah sudut yang terbentuk antara sumber, *tower crane* dan tujuan (abdelmegid et al (2015, 522)).

#### 3. Jarak Tempuh Horizontal

Jarak tempuh horizontal *tower crane* adalah jarak total yang ditempuh oleh *trolley* secara horizontal (abdelmegid et al (2015, 522)).

Dalam perhitungan waktu tempuh horizontal, membutuhkan perhitungan jarak tempuh horizontal dan perhitungan kecepatan horizontal (*trolley*) berikut langkah pengerjaan:

- 1) Perhitungan jarak TC terhadap sumber bahan:

$$\rho(S_j) = \sqrt{(XS_i - XCr_i)^2 + (YS_i - YCr_i)^2}$$

Keterangan:

- Titik koordinat TC ( $X_{TC}, Y_{TC}$ ).
- Titik sumber bahan ( $X_S, Y_S$ ).
- $S_j$  merupakan Jarak TC terhadap Sumber bahan (*Supply point*).

- 2) Perhitungan jarak TC terhadap lokasi tujuan:

$$\rho(D_j) = \sqrt{(XD_i - XCr_i)^2 + (YD_i - YCr_i)^2}$$

Keterangan:

- Titik koordinat TC ( $X_{TC}, Y_{TC}$ ).
- Titik lokasi tujuan ( $XD, YD$ ).
- $D_j$  merupakan Jarak TC terhadap lokasi tujuan (*Demand point*).

3) Perhitungan jarak sumber bahan terhadap lokasi tujuan

$$\rho(SD_j) = \sqrt{(XS_i - XD_i)^2 + (YS_i - YD_i)^2}$$

Keterangan:

- Titik sumber bahan ( $XS, YS$ ).
- Titik lokasi tujuan ( $XD, YD$ ).
- $SD_j$  merupakan jarak sumber bahan terhadap lokasi tujuan.

4) Perhitungan jarak trolley

$$D_h = |\rho(D_i) - \rho(S_i)|$$

Keterangan:

- $D_h$  : Jarak trolley.
- $r(D_j)$  : Jarak Tc terhadap lokasi tujuan.
- $r(S_j)$  : Jarak Tc terhadap Sumber bahan.

5) Perhitungan sudut *Slewing*

$$\alpha = \text{Arccos} \frac{S_j^2 + D_j^2 - SD_j^2}{2 \times S_j \times D_j}$$

Keterangan:

- $(SD_j)$  : Jarak sumber lokasi terhadap lokasi tujuan.
- $(D_j)$  : Jarak Tc terhadap lokasi tujuan.
- $(S_j)$  : Jarak Tc terhadap Sumber bahan.
- $\alpha$  : Sudut *Slewing*.

### Waktu Siklus Pada Tower Crane

Menurut abdelmegid et al (2015), waktu siklus adalah waktu satu kali putaran dari mulai waktu pemasangan hingga waktu kembali. Waktu siklus didapatkan dari pergerakan *hoist*, *landing*, *trolley*, dan sudut *slewing* yang dihitung sebagai berikut:

1. Waktu Tempuh Vertikal ( $T_v$ )

Waktu tempuh vertikal dihitung menggunakan rumus:

$$T_v = \frac{D_v}{V_v}$$

Keterangan:

- $T_v$  = waktu tempuh vertikal (menit).
- $D_v$  = jarak tempuh vertikal (meter).
- $V_v$  = kecepatan *hoist* TC (m/menit).

2. Waktu Tempuh Rotasi ( $T_r$ )

Waktu tempuh rotasi dihitung menggunakan rumus:

$$T_r = \frac{D_r}{V_r}$$

Keterangan:

- $T_r$  = waktu tempuh rotasi (menit).
- $D_r$  = jarak tempuh rotasi (meter).
- $V_r$  = kecepatan *Swing* TC (m/menit).

3. Waktu Tempuh Horizontal ( $T_h$ )

Waktu tempuh rotasi dihitung menggunakan rumus:

$$T_h = \frac{D_h}{V_h}$$

Keterangan:

- $T_h$  = waktu tempuh horizontal (menit).
- $D_h$  = jarak tempuh horizontal (meter).

$V_h$  = kecepatan *Trolley* TC (m/menit).

4. Waktu Siklus Total

Waktu siklus = Waktu Muat + Waktu Angkat + Waktu Bongkar + Waktu Kembali

### Produktivitas Pada Tower Crane

Pada produktivitas alat dihitung dalam produksi/ jam. produktivitas alat dapat diperoleh dengan rumus berikut ini:

$$Q = \frac{V \times F_a \times 60}{W_s}$$

Keterangan:

- Q : Produktivitas (Kapasitas produksi/jam)
- V : Kapasitas alat berat (Ton)
- $F_a$  : Faktor efisiensi kerja
- $W_s$  : Waktu siklus (menit)

### Penjadwalan Tower Crane

Waktu atau jadwal merupakan salah satu saran utama proyek dikarenakan waktu atau jadwal sangat riskan keberadaannya di dalam proyek pada saat pelaksanaan telah berlangsung. Keterlambatan dalam pekerjaan akan mengakibatkan berbagai bentuk kerugian. Pengelolaan waktu dalam proyek bertujuan agar proyek dapat diselesaikan tepat waktu bahkan lebih cepat dari rencana.

Penjadwalan pada tower crane ini harus direncanakan sequence pemasangan *mast section Tower Crane* agar ketinggian antar TC tidak bertabrakan. Dalam perhitungan dan penyusunan jadwal pelaksanaan ini dibantu dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan *Microsoft Project*.

### Biaya Pengadaan Pada Tower Crane

Biaya merupakan permasalahan yang vital bagi kontraktor. Pada umumnya kontraktor akan membuat Batasan pengeluaran. Untuk menghitung biaya memerlukan HSD, dimana nanti harga satuan peralatan didasarkan pada biaya tahunan peralatan yang disebut biaya sewa peralatan persatuan waktu.

Data yang diperlukan merupakan HSPK kota Surabaya 2019 dan browser harga alat *Tower Crane*.

### Site Layout

Perencanaan *site layout* memiliki peranan yang penting untuk meningkatkan operasional proyek yang aman dan efisien, meminimalkan waktu tempuh, mengurangi material handling dan mengurangi halangan dalam pergerakan material dan peralatan terutama pada proyek-proyek besar.

Perencanaan *site layout* bertujuan untuk mengatur lahan bangunan yang sementara sehingga proses berjalannya pelaksanaan proyek dapat berjalan dengan baik, aman, efisien dan lancar (Hagezy dan Elbetagi, 2002).

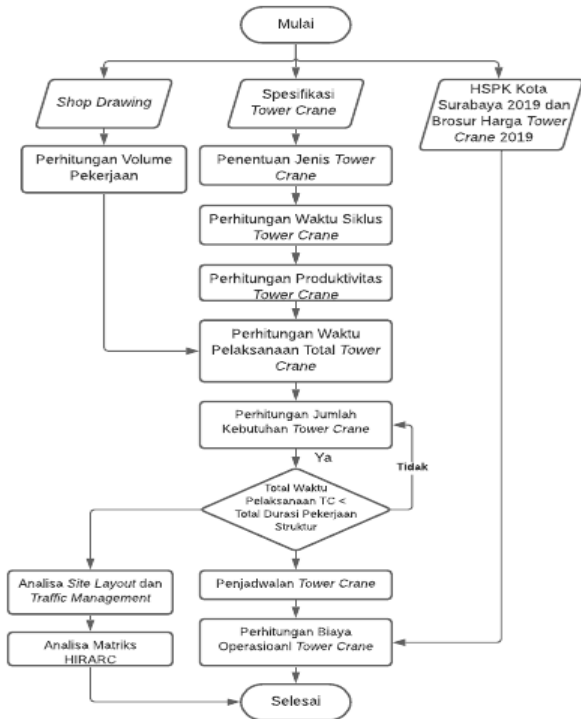
### Traffic Management

Untuk dapat menyelesaikan proyek pembangunan gedung bertingkat tinggi dengan baik diperlukan yang namanya *traffic management* sebagai strategi pengaturan lalu lintas proyek gedung. *Traffic management* merupakan usaha pemanfaatan maksimal sistem jaringan jalan yang ada dan

bisa menampung volume lalu lintas yang banyak atau dapat menampung pergerakan orang dengan memperhatikan keterbatasan lingkungan, memberikan prioritas kepada pengguna jalan tertentu.

**Metode Pembahasan**

**Gambar 1.** merupakan diagram alir metode pembahasan yang digunakan dalam perencanaan.



**Gambar 1.** Diagram Alir Pembahasan

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Deskripsi Umum Proyek**

Proyek apartemen BeSS Mansion Surabaya merupakan bangun *Mega Project* terbesar di kota Surabaya yang memiliki fungsi sebagai hunian dan *office*. Gedung ini memiliki 3 tower dan memiliki jumlah per lantainya sebanyak 44 lantai. Luas dari gedung ini 86.000 m<sup>2</sup>.

**Item Pekerjaan yang Menggunakan Tower Crane**

Dalam perhitungan analisa ini, lingkup pekerjaan yang menggunakan alat bantu *Tower Crane* sebagai berikut:

**Tabel 1.** Item Pekerjaan

Pekerjaan	Item Pekerjaan
Bekisting	Kolom
	Shearwall
	Balok
	Plat
Pembesian	Kolom
	Shearwall
	Balok
	Plat
Pengecoran	Kolom
	Shearwall
	Balok
	Plat

**Spesifikasi Tower Crane**

Pemilihan spesifikasi *Tower Crane* yang digunakan pada proyek Pembangunan Gedung Apartement BeSS Mansion Surabaya yaitu *Tower Crane* Pontain MCT 205 dan Tengda TC 6018 dengan beban maksimal sesuai dengan spesifikasi sebagai berikut:

**Tabel 2.** Spesifikasi *Tower Crane* Pilihan 1

Item	Nilai Parameter	Ket
Jenis <i>Tower Crane</i>	Potain MCT 205	1 Unit
Panjang Jib	65	Meter
Beban angkut	3,4	Ton
Kecepatan Hoisting	0-44-88	m/min
Kecepatan Slewning	345,6	Derajat/min
Kecepatan Trolley	0-69,6	m/min

Sumber: Brochure Potain MCT 205

**Tabel 3.** Spesifikasi *Tower Crane* Pilihan 2

Item	Nilai Parameter	Ket
Jenis <i>Tower Crane</i>	Tengda TC 6018	1 Unit
Panjang Jib	35	Meter
Beban angkut	2,7	Ton
Kecepatan Hoisting	0-40-100	m/min
Kecepatan Slewning	216	Derajat/min
Kecepatan Trolley	0-50	m/min

Sumber: Brochure Potain Tengda TC 6018

**Perhitungan Produksi Dalam Satu Siklus**

Produksi dalam satu siklus adalah volume material yang akan diangkat *Tower Crane* untuk satu kali pengangkatan. Sebagai contoh ntuk pekerjaan pengecoran produksi dalam satu siklusnya adalah kapasitas *bucketnya* pada **Tabel 4.**

**Tabel 4.** Produksi *Tower Crane* Dalam Satu Siklus

Pekerjaan	Produksi	Sat
Pengecoran	0,8	m <sup>3</sup>
Tulangan	500	kg
Bekisting	1300	kg

Sumber: Setiawan 2015

**Perhitungan Waktu Siklus Tower Crane**

Untuk mencari letak titik koordinat *Tower Crane*, *Supply Point* dan *Demand Point* dapat menggunakan Autocad pada Layout bangunan. Berikut contoh perhitungan waktu siklus pekerjaan pengecoran kolom lantai 44 AS J-8 sebagai berikut:

Koordinat *Tower Crane* : (5.485 ; 35.450)

Koordinat posisi kolom : (43.725 ; 19.900)

Koordinat *Truck Mixer* : (1.363 ; 51.225)

1. Perhitungan Jarak *Demand Point* terhadap *Tower Crane*

$$d_1 = \sqrt{(y_{tc} - y_d)^2 + (x_{tc} - x_d)^2}$$

$$d_1 = \sqrt{(35.450 - 19.900)^2 + (5.485 - 43.725)^2}$$

$$d_1 = 41,281 \text{ m}$$

2. Perhitungan Jarak *Supply Point* terhadap *Tower Crane*

$$d_2 = \sqrt{(y_{tc} - y_s)^2 + (x_{tc} - x_s)^2}$$

$$d_2 = \sqrt{(35.450 - 51.225)^2 + (5.485 - 1.363)^2}$$

$$d_2 = 16,305 \text{ m}$$

3. Perhitungan Jarak *Supply Point* terhadap *Demand Point*

$$d_3 = \sqrt{(y_s - y_d)^2 + (x_s - x_d)^2}$$

$$d_3 = \sqrt{(51.225 - 19.900)^2 + (1.363 - 43.725)^2}$$

$$d_3 = 52.686 \text{ m}$$

4. Perhitungan Jarak *Trolley*

$$Dh = |d_1 - d_2|$$

$$Dh = |41,281 - 16,305|$$

$$= 24,976 \text{ m}$$

5. Perhitungan Sudut *Slewing*

$$\cos \alpha = \frac{d_1^2 + d_2^2 - d_3^2}{2 \times d_1 \times d_2}$$

$$\cos \alpha = \frac{41,281^2 + 16,305^2 - 52,686^2}{2 \times 41,281 \times 16,305}$$

$$\alpha = 126,773^\circ$$

**Perhitungan Waktu Pengangkatan**

- Hoisting* (Mekanisme Angkat)
    - Kecepatan ( $V_v$ ) = 44,00 m/min
    - Jarak ketinggian ( $D_v$ ) = 146,70 m
    - Waktu ( $T_v = D_v/V_v$ ) =  $\frac{146,70 \text{ m}}{44,00 \text{ m/min}} = 3,334$  menit
  - Slewing/ Swing* (Mekanisme Putar)
    - Kecepatan ( $V_r$ ) = 345,60m/min
    - Jarak ketinggian ( $D_r$ ) = 126,77 m
    - Waktu ( $T_r = D_r/V_r$ ) =  $\frac{126,77 \text{ m}}{345,60 \text{ m/min}} = 0,367$ menit
  - Trolley* (Mekanisme Jarak Horizontal)
    - Kecepatan ( $V_h$ ) = 69,60 m/min
    - Jarak *Trolley* ( $D_h$ ) = 24,98 m
    - Waktu ( $t = D_h/V_h$ ) =  $\frac{24,98 \text{ m}}{69,60 \text{ m/min}} = 0,359$  menit
  - Landing* (Mekanisme Turun)
    - Kecepatan ( $V_v$ ) = 44,00 m/min
    - Jarak ketinggian ( $D_v$ ) = 3,40 m
    - Waktu ( $t = D_v/V_v$ ) =  $\frac{3,40 \text{ m}}{44,00 \text{ m/min}} = 0,077$  menit
- Total waktu = *Hoisting* + *Slewing* + *Trolley* + *Landing*
  - Total waktu = 3,334 + 0,367 + 0,359 + 0,077
  - = 4,137menit (**waktu angkat**)

**Perhitungan Waktu Kembali**

- Hoisting* (Mekanisme Angkat)
    - Kecepatan ( $V_v$ ) = 88,00 m/min
    - Jarak ketinggian ( $D_v$ ) = 3,40 m
    - Waktu ( $T_v = D_v/V_v$ ) =  $\frac{3,40 \text{ m}}{88,00 \text{ m/min}} = 0,039$  menit
  - Slewing/ Swing* (Mekanisme Putar)
    - Kecepatan ( $V_r$ ) = 345,60m/min
    - Jarak ketinggian ( $D_r$ ) = 126,77 m
    - Waktu ( $T_r = D_r/V_r$ ) =  $\frac{126,77 \text{ m}}{345,60 \text{ m/min}} = 0,367$ menit
  - Trolley* (Mekanisme Jarak Horizontal)
    - Kecepatan ( $V_h$ ) = 69,60 m/min
    - Jarak *Trolley* ( $D_h$ ) = 24,98 m
    - Waktu ( $t = D_h/V_h$ ) =  $\frac{24,98 \text{ m}}{69,60 \text{ m/min}} = 0,359$  menit
  - Landing* (Mekanisme Turun)
    - Kecepatan ( $V_v$ ) =88,00 m/min
    - Jarak ketinggian ( $D_v$ ) = 146,70 m
    - Waktu ( $t = D_v/V_v$ ) =  $\frac{146,70 \text{ m}}{88,00 \text{ m/min}} = 1,667$  menit
- Total waktu = *Hoisting* + *Slewing* + *Trolley* + *Landing*
  - Total waktu = 0,039 + 0,367 + 0,359 + 1,667
  - = 2,431 menit (**waktu kembali**)

**Perhitungan Total Waktu Siklus**

Menurut (Ahmad, 2017) nilai waktu bongkar dan muat material diambil nilai sebesar 2 menit untuk waktu muat dan 5 menit untuk waktu bongkar. Jadi, total waktu siklus *Tower Crane* adalah sebagai berikut:

$$\text{Waktu Siklus} = \text{waktu muat} + \text{waktu angkat} + \text{waktu bongkar} + \text{waktu Kembali}$$

$$\text{Waktu Siklus} = 2,00 + 4,137 + 2,431 + 5,00$$

$$= 13,568 \text{ menit}$$

**Perhitungan Waktu Pelaksanaan**

Berikut contoh perhitungan produktivitas, diasumsikan *Tower Crane* keadaan mesin bagus (efisiensi alat = 0,833), sehingga:

$$\text{Volume} = 1,31 \text{ m}^3$$

$$\text{Produksi per siklus} = 0,800 \text{ m}^3 \text{ (Kapasitas bucket)}$$

$$\text{Waktu Siklus} = 13,568 \text{ menit}$$

$$\text{Produksi per jam} = 0,8 \times \frac{60}{13,568} \times 0,833$$

$$= 2,95 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Waktu Pelaksanaan} = \frac{2,95 \text{ m}^3}{1,31 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 0,45 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah Pengangkatan TC} = \frac{0,45 \times 60}{13,568}$$

$$= 2 \text{ kali}$$

Jadi, waktu pelaksanaan untuk pengecoran kolom lantai 44 AS J-8 memerlukan waktu 0,45 menit dan jumlah pengangkatan sebanyak 2 kali.

**Perhitungan Jumlah kebutuhan *Tower Crane***

Setelah perhitungan waktu pelaksanaan dari pengecoran, bekisting dan tulangan maka dapat dijumlah waktu total pelaksanaan dan diperoleh sebagai berikut ini :

**Tabel 5.** Waktu Total Pelaksanaan Pekerjaan

No	Pekerjaan	Waktu Pelaksanaan (Jam)
1	Bekisting	703,23
2	Tulangan	1.660,52
3	Pengecoran	5.540,74
<b>Jumlah</b>		<b>7.904,49</b>

Sumber: Perhitungan, 2021

Untuk pekerjaan struktur memerlukan waktu selama 15 bulan dengan waktu jam kerja proyek selama 12 jam per hari, maka kebutuhna jumlah *Tower Crane* sebagai berikut:

$$\text{Waktu Proyek} = 12 \text{ jam} \times 466 \text{ hari} = 5.592 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah kebutuhan TC} = \frac{7.904,49 \text{ jam}}{5.592 \text{ jam}} = 1,414 \sim 2 \text{ Unit}$$

Maka, dari hasil perencanaan jumlah *Tower Crane* yang dibutuhkan sebanyak 2 unit.

**Penjadwalan *Tower Crane***

Dalam perhitungan dan penyusunan jadwal pelaksanaan ini dibantu dengan menggunakan aplikasi *Microsoft Excel* dan *Microsoft Project* 2016. Pada proses penyusunan penjadwalan, harus direncanakan Sequence Pemasangan *Tower Crane* agar mengetahui waktu kapan akan menambahkan *Mast Section/* tiang panjat agar ketinggian TC 1 dan TC 2 tidak bertabrakan. Diperoleh Durasi Total

pekerjaan Struktur atas selama 466 Hari. Berikut contoh waktu penambahan Mast Section TC 1 pada ketinggian 56.50 m dan penambahan Mast Section TC 2 pada ketinggian 52.50 m dengan durasi 1 hari.

APARTEMEN BESS MANSION SURABAYA	528.5 day	Mon 6/3/19	Thu 11/12/20
Surat Perintah Kerja	2 days	Mon 6/3/19	Tue 6/4/19
Pekerjaan Pondasi TC 1	18 days	Thu 6/6/19	Sun 6/23/19
Mobilisasi Section TC 1	2 days	Mon 6/24/19	Tue 6/25/19
Erection Section TC 1	1 day	Thu 6/27/19	Thu 6/27/19
Penambahan Mast Section TC 1	2 days	Fri 6/28/19	Sat 6/29/19
Pekerjaan Pondasi TC 2	18 days	Thu 6/6/19	Sun 6/23/19
Mobilisasi Section TC 2	2 days	Tue 6/25/19	Wed 6/26/19
Erection Section TC 2	1 day	Sun 6/30/19	Sun 6/30/19
Penambahan Mast Section TC 2	2 days	Mon 7/1/19	Tue 7/2/19
STRUKTUR BAWAH	32 days	Wed 7/3/19	Sat 8/3/19
STRUKTUR ATAS	465.5 day	Mon 8/5/19	Thu 11/12/20
Lantai 1	14.5 days	Mon 8/5/19	Mon 8/19/19
Lantai 2	17.5 days	Mon 8/12/19	Thu 8/29/19
Lantai 3	17.5 days	Fri 8/23/19	Mon 9/9/19
Lantai 4	17.5 days	Mon 9/2/19	Thu 9/19/19
Lantai 5	17.5 days	Fri 9/13/19	Mon 9/30/19
Lantai 6	17.5 days	Mon 9/23/19	Thu 10/10/19
Lantai 7	17.5 days	Fri 10/4/19	Mon 10/21/19
Lantai 8	17.5 days	Mon 10/14/19	Thu 10/31/19
Lantai 9	17.5 days	Fri 10/25/19	Mon 11/11/19
Lantai 10	17.5 days	Mon 11/4/19	Thu 11/21/19
Penambahan Mast Section TC 1	1 day	Thu 11/21/19	Fri 11/22/19
Penambahan Mast Section TC 2	1 day	Fri 11/22/19	Sat 11/23/19

Gambar 2. Penjadwalan Proyek

**Perhitungan Biaya Tower Crane**

Pada perhitungan biaya terdapat beberapa langkah untung menghitungnya, diantaranya dengan pengumpulan data kemudian dilanjut perhitungan sewa alat berat, perhitungan produktivitas alat berat dan perhitungan perekaman analisa harga satuan.

Total biaya pengadaan untuk Tower Crane sebesar Rp. 9.514.100.000,00 terbasuk PPN 10% dengan biaya sewa untuk Tower Crane type MCT 205 sebesar Rp. 844.226,37/jam dan untuk Tower Crane TENGDA TC 6018 sebesar Rp. 701.184,69/jam

**Site Layout**

Pada penelitian ini akan menggunakan 4 alteratif yang akan dijadikan acuan perhitungan Traveling Distance dan Safety Index. 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.

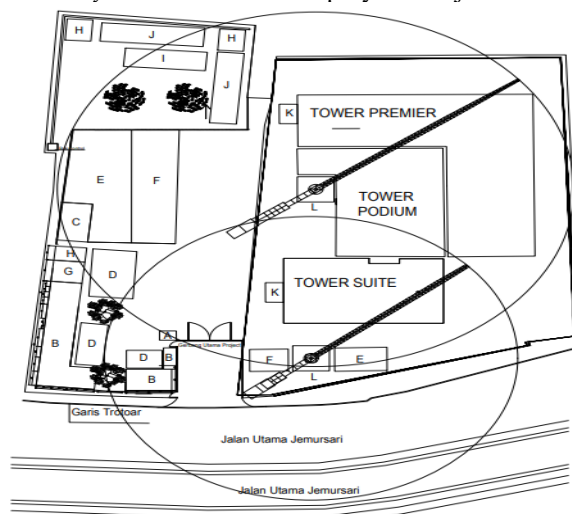
Tahap pertama untuk penyusunan site layout ialah dengan mengidentifikasi fasilitas-fasilitas yang akan dibangun di area proyek. Kemudian menghitung frekuensi perpindahan pekerja dari fasilitas 1 ke fasilitas lain (f), selanjutnya menentukan tingkat keamanan antar fasilitas (s).

Berikut beberapa alternatif yang telah direncanakan sebagai berikut:

**Tabel 6.** Fasilitas dan Kodenya

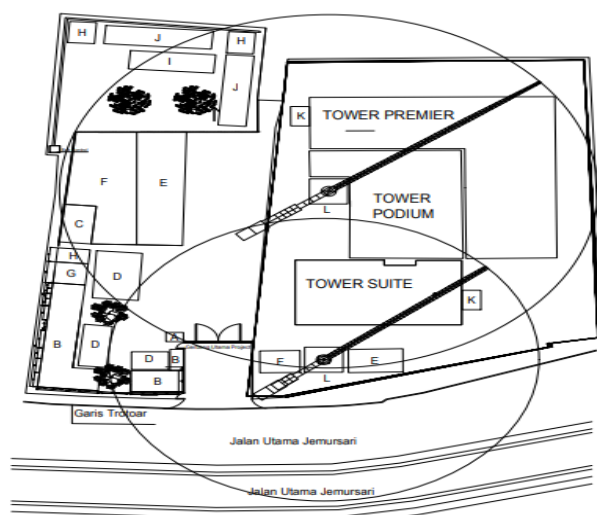
Ruang Fasilitas	Kode
Pos Satpam	A
Direksi Keet	B
Gudang	C
Area Parkir	D
Fabrikasi Besi	E
Fabrikasi Bekisitng	F
Mushollah	G
Toilet	H
Kantin	I
Barak Pekerja	J
PH	K
Tower Crane	L
Building	M

1. Site Layout Alternatif 1 dari proyek ditinjau dari TC 1



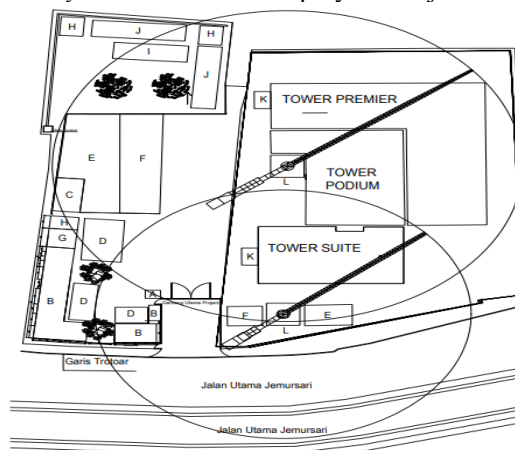
Gambar 3. Site Layout Alternatif 1

2. Site Layout Alternatif 2 dari penulis ditinjau dari TC 1



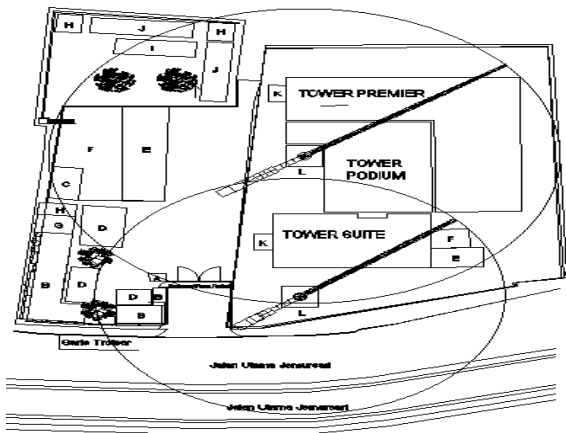
Gambar 4. Site Layout Alternatif 2

3. Site Layout Alternatif 3 dari proyek ditinjau dari TC 2



Gambar 5. Site Layout Alternatif 3

4. *Site Layout* Alternatif 4 dari penulis ditinjau dari TC 2



Gambar 6. *Site Layout* Alternatif 4

Langkah berikutnya perhitungan optimasi, metode yang digunakan metode *Multi Objectives Function* metode tersebut merupakan istilah dari acuan variable optimasi yang lebih dari satu variable. Variable yang dipakai adalah *Traveling Distance* dan *Safety Index*. Berikut rumus dari *Traveling Distance* (TD) dan *Safety Index* (SI).

1.  $Traveling\ Distance\ (TD) = \sum (d \times f)$
2.  $Safety\ Index\ (SI) = \sum (s \times f)$

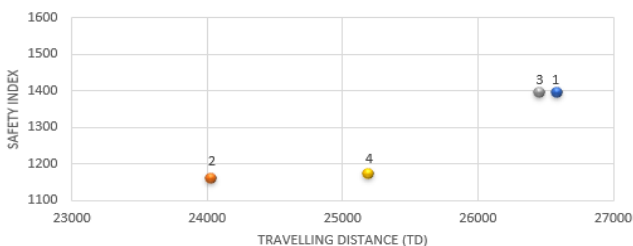
Berikut merupakan nilai dan grafik dari 4 alternatif TD dan SI:

Tabel 7. Perbandingan Nilai TD dan SI

Alternatif	TD	SI
1	2.6583,92	1.394
2	2.4030,70	1.160
3	2.6452,62	1.394
4	2.5193,83	1.172

Sumber: Perhitungan, 2021

DIAGRAM HUBUNGAN TD & SI



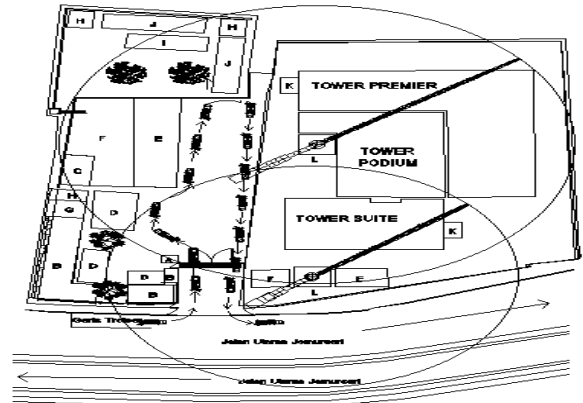
Gambar 7. Grafik TD dan SI

Dari hasil perbandingan 4 alternatif grafik diatas maka dapat dilihat terdapat salah satu alternatif yang mendekati nilai 0. Titik alternatif yang paling mendekati titik 0 adalah alternatif 2 yang ditinjau dari *Tower Crane 1*. Maka alternatif 2 dapat disebut memiliki nilai TD dan SI paling minimum.

**Traffic Managemet**

Pada *Traffic Management* ini dipilih alternatif 2. *Traffic Management* pada proyek ini menggunakan *One gate system*

dimana akses keluar dan masuk proyek berada pada di satu pintu. Dan dimulainya waktu pengecoran dari pukul 21.00 – 04.00 WIB, dimana arus lalu lintas pada jam tersebut tidak padat.



Gambar 7. *Traffic Management*

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat dijabarkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Jumlah kebutuhan *Tower Crane* pada proyek pembangunan BeSS Mansion Apartemen Surabaya berjumlah 2 unit *Tower Crane*. Dari 2 alat *Tower Crane* memiliki tipe *Tower Crane* pertama PONTAIN MCT 205 dengan Panjang jib 65 meter, sedangkan tipe *Tower Crane* kedua TENGDA TC 6018 dengan Panjang jib 35 meter.
2. Total Durasi pelaksanaan pekerjaan yang dibutuhkan *Tower Crane* untuk menyelesaikan pekerjaan struktur adalah 466 hari.
3. Biaya sewa untuk *Tower Crane 1* sebesar Rp. 844.226,37 /jam dan *Tower Crane 2* sebesar Rp. 701.184,89 /jam. dengan biaya total selama 5.592 jam sebesar Rp. 9.514.100.000,00.
4. *Site Layout* yang dibuat untuk mengoptimalkan progress pekerjaan dilapangan dan mengurangi terjadinya kecelakaan dengan cara menganalisa nilai *Traveling Distance* dan nilai *Safety Index* yang paling mendekati angka 0 atau minimum (optimal) terjadi pada Alternatif 2. Sedangkan untuk *Traffic Management* pada proyek ini menggunakan *One gate system* dimana akses keluar dan masuk proyek berada pada di satu pintu.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Abdelmegid, M.A, Shawki, K.M. and Khalek, H.A. 2015. *GA Optimization Model for Solving Tower Crane Location Problem in Construction Sites*. Alexandria Engineering Journal 54, 519-526.

[2] Elbeltagi, Emad dan Hegazy, Tarek. "Challenges and opportunities in Management and Technology", *Incorporating First International Conference Site Management. First International Conference on*

- Construction in the 21<sup>st</sup> Century (CITC2002), April 2002.*
- [3] Ervianto, Wulfram I, 2008. Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta. Penerbit Andi
- [4] Rostiyanti, Susy Fatena, 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Jakarta : Penerbit PT. Rineka Cipta
- [5] Suryadharma, Hendra. 1998. Alat-Alat Berat. Yogyakarta : Penerbit Universitas Atma Jaya