

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Penelitian menggunakan beberapa tinjauan pustaka sebelumnya untuk mendalami topik penelitian penulis. Penulis melakukan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang membahas mengenai metode yang dilakukan atau dipergunakan. Berikut adalah beberapa penelitian terdahulu yang telah penulis jadikan rujukan :

1. Rini Pebri Utari (2019) Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Malang, yang berjudul “ANALISA PEMILIHAN DAN TATA LETAK TOWER CRANE TERHADAP WAKTU DAN BIAYA KONSTRUKSI” Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa Tower Crane A diperoleh waktu total dari lantai 1 sampai 7 sebesar 4647,553 jam (387.30 hari) dengan biaya Rp. 155.693.255, sementara Tower Crane B diperoleh waktu total dari lantai 1 sampai 7 sebesar 4068.543 jam (339.05 hari) dengan biaya Rp. 136.29.905. Dari hasil perhitungan dapat disimpulkan bahwa Tower Crane B lebih efektif dan efisien, dengan selisih waktu 48.25 hari lebih cepat dan selisih biaya Rp. 19.396.350 dibandingkan dengan Tower Crane A. Penempatan Tower Crane dipengaruhi oleh kondisi titik suplai, lokasi, jumlah, koordinat, dan radius. Maka dari itu, Peneliti mendapatkan bagaimana gambaran untuk membandingkan tata letak tower crane yang efektif.
2. Soemartomo, B. (2015) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya “Studi Tentang Pemilihan Jenis Crane untuk Proyek Bangunan Industri” Dari hasil penelitian ini maka di dapatkan kesimpulan bahwa pihak kontraktor menggunakan tower crane untuk proyek pembangunan mall dan apartemen yang memiliki luas (>100.000 m<sup>2</sup>). Dalam pemilihan alat berat jenis crane ini pihak kontraktor memperhatikan faktor luasan area proyek yang akan dikerjakan, kemudian disesuaikan dengan kapasitas crane yang akan dipakai. Biaya yang harus dikeluarkan untuk menyewa tower crane

dalam satu bulan mencapar Rp. 61.830.000, sedangkan untuk mobile crane biaya yang harus dikeluarkan Rp.58.200.000.

3. Muliawan, H., & Nursin, A. (2022) Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta “ Optimasi Penempatan Tower Crane Terhadap Waktu Siklus Pada Proyek X” Berdasarkan hasil analisis penelitian, faktor-faktor yang mempengaruhi optimasi penempatan Tower Crane meliputi halangan sekitar, posisi pondasi dan Site Facilities, dengan skenario 3 terbukti lebih efisien karena berada di dalam Feasible Area dan memiliki jarak yang lebih dekat terhadap gedung, sehingga sabuk pengaman Tower Crane lebih efisien dan optimal dengan waktu siklus TC1 2.287,787 menit dan TC2 1.940,891 menit.
4. Pangestu, R.A., Utoyo, S., & Lydianingtias, D. (2021) Mahasiswa dan Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang, yang berjudul “Analisis Penggunaan Tower Crane Untuk Pekerjaan Struktur Pada Proyek One Signature Gallery Surabaya” Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa Dalam proyek One Signature Gallery Surabaya, diperlukan 2 tower crane. Tower Crane pertama adalah tipe POTAIN MDT 189 dengan jib 55, sedangkan Tower Crane kedua adalah tipe POTAIN MCT 205 dengan jib 35 meter. Total waktu yang dibutuhkan oleh kedua tower crane untuk menyelesaikan pekerjaan struktur atas adalah 4.790 jam. Sedangkan Biaya sewa per jam adalah Rp. 416.666,67 untuk Tower Crane 1 dan Rp. 375.000,00 untuk Tower Crane 2, dengan total biaya pengadaan dan operasional tower crane sebesar Rp. 4.878.000.000,00.
5. Pranata, Andi A. (2020) Fakultas teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Gunadarma, yang berjudul “Analisis Pengoperasian Tower Crane Untuk Pekerjaan Pengecoran Struktur Kolom” Hasil dari penelitian ini didapatkan bahwa pengoperasian tower crane untuk pekerjaan pengecoran tipe kolom K1 dengan 58 kolom adalah 672,33 menit. Namun, waktu tersebut tidak memperhitungkan kemungkinan kendala seperti cuaca buruk, bencana alam, atau kerusakan lainnya yang

mungkin terjadi di lapangan.

6. Putra, M. R. S., & Riskijah, S. S. (2022) Mahasiswa dan Dosen Jurusan Teknik Sipil Peliteknik Negeri Malang, yang berjudul “MANAJEMEN TOWER CRANE PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL SANTIKA WONOSARI” Hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi tata letak menggunakan metode feasible area berhasil menemukan koordinat optimal Tower Crane dengan titik X 62,550 dan titik Y 54,825. Selain itu, perencanaan Site Layout terbaik adalah alternatif 1, dengan total Travelling Distance 30489.934 dan total Safety Index 981. Produktivitas Tower Crane tipe Dahan QTZ 125 adalah 622.688, dan penjadwalan untuk pekerjaan struktur membutuhkan waktu 133 hari. Biaya operasional Tower Crane tipe Dahan QTZ 125 adalah Rp. 786.335 per jam
7. Yudha, B. A. B. (2015) Alumni Jurusan teknik Sipil Unversitas Jember yang berjudul “Evaluasi Penempatan Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Jember Icon” Hasil penelitian menunjukkan penempatan TC yang tepat dapat mereduksi jam operasional TC dan jadwal proyek.
8. Janizar, S., & Suprpto, E. R. (2021) Teknik Sipil Universitas Winaya Mukti berjudul “Analisis Penempatan Dan Penentuan Jumlah Tower Crane (Tc) “ Hasil penelitian menunjukkan bahwa penempatan dan jumlah Tower Crane yang optimal untuk proyek pembangunan jembatan cable stayed adalah menggunakan alternatif 1 dengan 2 unit Tower Crane. Tower Crane 1 berada pada koordinat (82,40) dengan radius 75 meter dan waktu total siklus 8.545,12 jam. Tower Crane 2 berada pada koordinat (147,4) dengan radius 75 meter dan waktu total siklus 7.406,33 jam. Total waktu siklus keseluruhan adalah 15.951,45 jam. Biaya sewa Tower Crane pada penggunaan alternatif 1 adalah Rp. 6.012.278.638,98. Dengan demikian, alternatif 1 menunjukkan efisiensi dengan penghematan waktu siklus 14.870,52 jam (32,00%) dan penghematan biaya sebesar Rp. 5.046.704.721,56 (29,00%) dibandingkan dengan alternatif 2.

9. Amalia, S. D., & Purwadi, D. (2017) Jurusan teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya berjudul “Analisis Produktivitas Tower Crane pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya” Hasil penelitian menunjukkan produktivitas rata-rata Tower Crane pada pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya bervariasi, dengan TC 1 memiliki produktivitas tertinggi karena kesempatan pengangkatan lebih banyak material di lokasi penempatannya, sementara faktor-faktor seperti kondisi alat, kondisi lapangan, manajemen, dan kemampuan operator secara simultan memengaruhi produktivitas Tower Crane di proyek tersebut, di mana kondisi alat menjadi faktor dominan yang mempengaruhi produktivitas Tower Crane.
10. Ahmad, Iqafdi. A. (2012) Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Negeri Surabaya “Analisa Produktivitas Dan Biaya Operasional Tower Crane Pada Proyek Puncak Central Business District Surabaya. Surabaya” Hasil penelitian menunjukkan produktivitas rata-rata Tower Crane pada proyek Puncak Central Business District Surabaya adalah TC A: 10001,12 kg/jam, TC B: 9941,30 kg/jam, dan TC C: 9620,49 kg/jam, dengan TC A memiliki produktivitas tertinggi karena kesempatan pengangkatan lebih banyak material di lokasi penempatannya. Biaya operasional Tower Crane di proyek tersebut adalah Rp 729.535,71 per jam untuk TC A, Rp 715.497,71 untuk TC B, dan Rp 715.497,71 untuk TC C.

## 2.2 Efektivitas

Menurut Pekei (2016:69), efektivitas dapat diartikan sebagai tingkat keberhasilan atau pencapaian tujuan, diukur dari segi kualitas, kuantitas, dan waktu, sesuai dengan apa yang direncanakan sebelumnya. Pendapat para ahli lainnya menunjukkan bahwa teori efektivitas memiliki karakteristik seperti memahami program, mencapai tujuan, ketepatan waktu, dan mencapai perubahan nyata (Andriani, 2018). Oleh karena itu, proyek konstruksi dianggap efektif jika dilakukan tepat waktu dan dengan biaya minimal.

## 2.3 Tata Letak / Lay Out

Layout memiliki fungsi yang mendukung kelancaran kemajuan proyek konstruksi. Tata letak dapat diartikan sebagai bagian dari detail desain bangunan atau cetak biru yang sedang dikerjakan pekerja, dan dijelaskan oleh para profesional untuk membantu pekerja membaca gambar proyek (Arif, 2017).

### 2.3.1 Tata Letak yang Efektif untuk *Tower Crane*

Tata Letak *tower crane* yang baik dan efektif adalah:

1. Dari peletakan tersebut, *tower crane* harus menjangkau seluruh area bangunan yang di kerjakan.
2. Pada lokasi penempatan *tower crane* minimal harus ada lahan bebas selebar 10 meter untuk kepentingan pemasangan dan pembongkaran dengan menggunakan kendaraan Mobil crane.
3. Tower crane tidak boleh di letakan di atas fasilitas lain, seperti septic tank, dan tandon.

Tata letak tower crane yang kurang baik dan tidak efektif adalah:

- a. Dari perletakan Alat *tower crane* tersebut tidak bisa menjangkau keseluruhan bangunan.
- b. Dari penempatan alat tersebut tidak memperkirakan keluar masuknya kendaraan pengangkut material sehingga menghambat proses pekerjaan.
- c. Penempatan *tower crane* tidak mempertimbangkan letak material sehingga kinerja tower crane tidak efektif

## 2.4 Pengertian *Tower Crane*

Menurut Suryawan, Kadek A (2019), *Tower crane* adalah alat berat yang digunakan untuk memindahkan material secara vertikal maupun horizontal, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang di tentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan pejalan (*travelling*).

Tower Crane yang memegang peranan penting soal kecepatan dan percepatan pekerjaan. Seluruh operasional proyek sangat dipengaruhi oleh berfungsinya *tower crane*, disebabkan perannya yang dominan untuk kelancaran

jalannya pembanunan proyek. Pada proyek bangunan bertingkat umumnya digunakan untuk pekerjaan pengangkatan tulangan, pekerjaan pengecoran, pengangkatan bekisting, dinding precast, pasir, batu bata, unit elektrik dan mekanikal.

#### 2.4.1 Bagian-bagian *Tower Crane*

Menurut Suryawan, Kadek A (2019), *Tower Crane* memiliki beberapa bagian antara lain :

1. *Jib* atau *Boom*

Bagian dari *tower crane* yang panjang dan bisa berputar secara horizontal sebesar 360° atau sering disebut lengan *tower crane* yang berfungsi untuk mengangkat material atau alat bantu pada proyek dengan bantuan kabel baja (*sling*).

2. *Counter Jib*

*Counter jib* berfungsi sebagai *jib* penyeimbang terhadap *jib* yang terpasang.

3. *Counter Weight*

*Counter Weight* berupa beton pemberat yang terdapat pada bagian belakang *tower crane* yang berfungsi untuk memberikan beban atau keseimbangan pada *tower crane*.

4. *Hoist*

Bagian *tower crane* yang berfungsi sebagai alat angkut arah vertikal.

5. *Trolley*

Alat angkut *tower crane* arah horizontal.

6. *Sling*

Bagian *tower crane* yang berupa kabel baja dan menjadi bagian *hoist*.

7. Cabin (*Joint pin*)

Bagian *tower crane* yang merupakan tempat operator mengoperasikan *tower crane*.

8. *Mast Section*

Bagian dari *tower crane* yang menentukan tinggi *tower crane*, dimana pemasangan tiap-tiap *mast section* di bantu dengan alat hidrolis untuk menyusun *mast section* tersebut ke arah vertikal.

9. *Base section dan Fine Angel*

Merupakan bagian yang ditanam pada pondasi, yang berfungsi untuk memperkokoh pondasi.

10. *Slewing Mechanism*

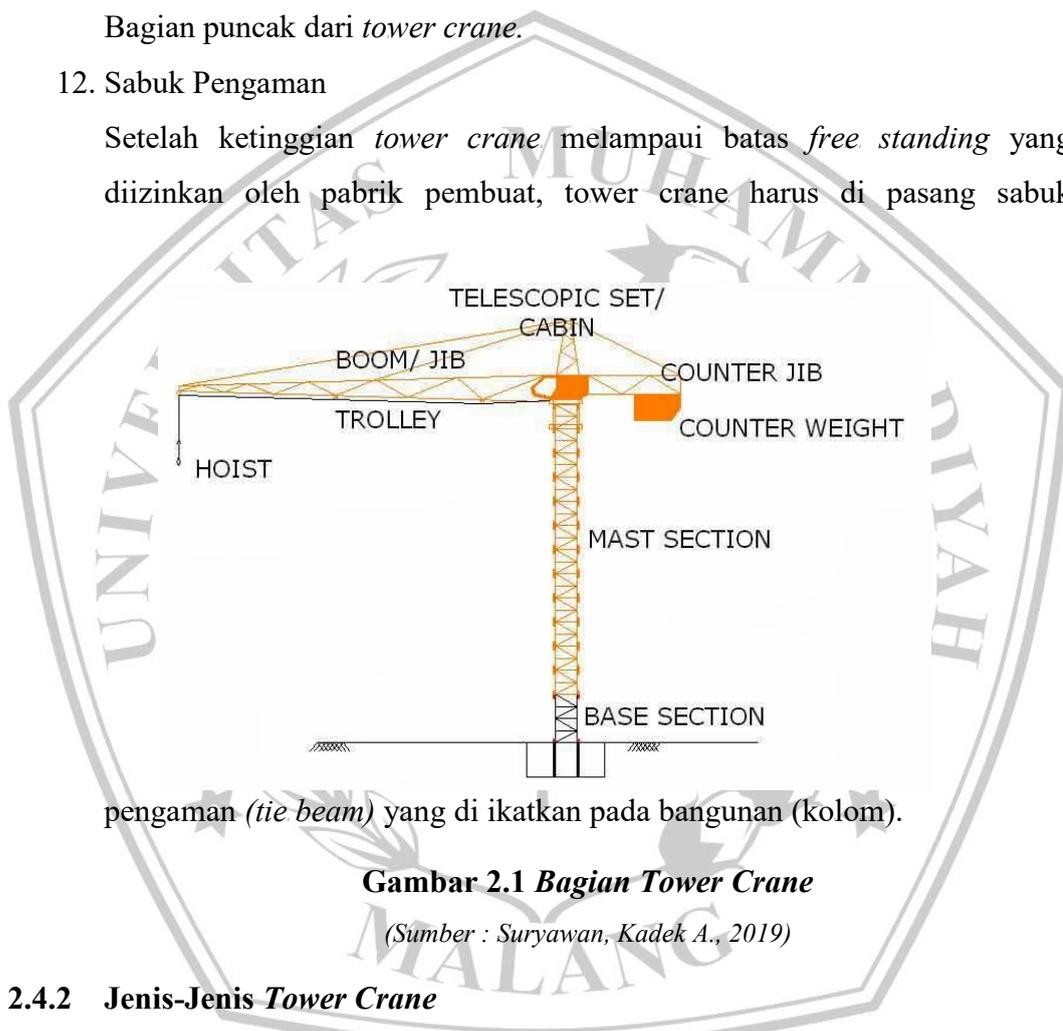
Bagian yang bertugas untuk memutar *tower crane*.

11. *Tower Top*

Bagian puncak dari *tower crane*.

12. Sabuk Pengaman

Setelah ketinggian *tower crane* melampaui batas *free standing* yang diizinkan oleh pabrik pembuat, *tower crane* harus di pasang sabuk



pengaman (*tie beam*) yang di ikatkan pada bangunan (kolom).

**Gambar 2.1 Bagian Tower Crane**

(Sumber : Suryawan, Kadek A., 2019)

#### 2.4.2 Jenis-Jenis Tower Crane

Rosyanti (2008) Menyatakan bahwa jenis pada *tower crane* dibagi berdasarkan cara crane tersebut berdiri, sebagai berikut:

1. *Free standing Crane:*

*Crane* yang berdiri di atas pondasi, Jika mencapai ketinggian yang besar maka digunakan pondasi tiang pancang. *Crane* dapat berdiri sampai ketinggian 100 m.



**Gambar 2.2 Free Standing Crane**

(Sumber : Proservcrane.com)

2. *Rail Mounted Crane*

*Crane* yang berada di atas rel, desain rel harus di memperhatikan ada atau tidaknya tikungan karena tikungan akan mempersulit gerakan *crane*. Kelemahan crane ini adalah harga yang cukup mahal. Namun, keuntungannya adalah jangkauan crane menjadi lebih besar.



**Gambar 2.3 Rail Mounted Crane**

(Sumber : Koneranes.com)

3. *Tied-in Tower Crane* *Crane* yang mampu berdiri bebas pada ketinggian kurang dari 100 m. Jika diperlukan crane dengan ketinggian lebih dari 100 m maka crane harus ditembatkan pada bangunan atau di jangkar pada struktur bangunan.



**Gambar 2.5 Tied in Crane**

(Sumber : Sky-line.co.il)

4. *Climbing Tower Crane*

Dengan lahan yang terbatas maka alternatif penggunaan *crane* adalah *crane* panjat atau *climbing crane*. *Crane* ini diletakkan dalam struktur bangunan, yaitu pada *core* atau inti bangunan. *Crane* bergerak naik bersamaan dengan struktur naik. Pengangkatan *crane* dengan adanya dongkrak hidrolis.



**Gambar 2.4 Climbing Tower Crane**

(Sumber : Sky-line.co.il)

### 2.4.3 Pemilihan *Tower Crane*

Rostiyanti (2008) menyatakan bahwa yang memengaruhi efektivitas tata letak *tower crane* antara lain:

1. Kondisi Alat

Alat yang digunakan harus kompatibel dengan kondisi yang ada di lokasi, seperti Tinggi Tower Crane, panjang boom, dan posisi pada beban maksimum..

2. Survey pada proyek

Luas area, luas bangunan, beban material, dan lingkungan harus diperhatikan sebelum memulai pekerjaan alat berat. Ini akan membantu Anda memutuskan jenis alat berat apa yang akan digunakan.

3. Peralatan sedang digunakan. Operator *Tower Crane*

Operator merupakan faktor penting dalam memutuskan apakah akan mengoperasikan mesin atau tidak. Sebelum memilih operator, Anda harus mempertimbangkan pengalaman mereka dan mereka juga harus memiliki lisensi operator (SIO).

### 2.4.4 Penggunaan *Tower Crane*

Rostiyanti (2008) menyatakan bahwa *Tower Crane* dapat mengangkat material secara vertikal maupun horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. *Tower crane* juga digunakan untuk pengecoran kolom, balok dan plat.

Menurut (Rostiyanti, 2008) cara kerja *Tower crane* dibagi menjadi tiga gerakan, yaitu :

1. Gerakan Vertikal (*Hoist*) :

Gerakan mengangkat dan menurunkan beban dikendalikan oleh aksi motor penggerak, yang digunakan untuk memutar kabel baja. Kabel baja bergerak ke atas dan ke bawah untuk memindahkan beban pada pengait.

2. Gerakan Horizontal (*Trolley*)

Gerakan horizontal atau lateral dan dikendalikan oleh motor yang berjalan disepanjang rel di atas balok dan boom.

### 3. Gerakan Memutar (*Swing*)

Rotasi dihasilkan oleh putaran motor, dan boom gear juga berputar dengan sudut rotasi 360°.

## 2.5 Jarak Tempuh *Tower Crane*

Jarak tempuh merupakan panjang jarak sumber material dengan tujuan material, dan memiliki 3 macam yaitu :

- a. Jarak tempuh vertikal ( $D_v$ )
- b. Jarak tempuh rotasi ( $D_r$ )
- c. Jarak tempuh horizontal ( $D_h$ )

### 2.5.1 Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh vertikal *Tower Crane* adalah jarak total yang di tempuh oleh hoist secara vertikal, jarak tempuh vertical meliputi jarak tempuh vertikal angkat.

$$D_v = H_{lt} + H_o$$

Keterangan :

$D_v$  = jarak vertikal (m)

$H_{lt}$  = ketinggian lantai tujuan (m)

$H_o$  = tinggi tambahan yang di perlukan

Hasil observasi di lapangan di peroleh  $H_o$  yang di butuhkan untuk mengangkat tulangan (kolom, balok dan plat), bucket beton segar, bekisting adalah 2 meter.

### 2.5.2 Jarak Tempuh Horizontal

Jarak tempuh horizontal *Tower Crane* adalah jarak tempuh trolley secara horizontal. Jarak tempuh horizontal meliputi jarak tempuh angkat dan jarak tempuh horizontal kembali.

$$D_h = [D_1 - D_2]$$

Dimana :

$D_h$  = jarak tempuh horizontal

$D_1 = D_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2}$  = jarak antara tower crane dengan sumber

$D_2 = D_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$  = jarak antar tower crane dengan tujuan

$X_1, Y_1$  = koordinat sumber material tower crane

$X_2, Y_2$  = koordinat tujuan penempatan material terhadap tower crane

### 2.5.3 Jarak Tempuh Rotasi

Jarak tempuh rotasi berupa sudut rotasi. Sudut rotasi adalah sudut yang berbentuk antara sumbu - *tower crane* - tujuan. Jarak tempuh rotasi meliputi jarak tempuh rotasi angkat ke tempat tujuan material dan jarak tempuh rotasi kembali ke tempat sumber material.

$$\cos a = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2}$$

$$D_3 = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

Dimana :

$a = Dr$  : sudut/jarak tempuh rotasi (radian)

$D_3$  = jarak antara sumber dengan tujuan.

## 2.6 Waktu Tempuh *Tower Crane*

Waktu tempuh adalah waktu yang membandingkan jarak tempuh *Tower Crane* dengan kecepatan *Tower Crane*, terdapat 3 jenis antara lain:

### 2.6.1 Waktu Tempuh Vertikal

Waktu tempuh *Tower Crane* secara vertikal.

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

Dimana :

$T_v$  = waktu tempuh vertikal ideal (menit)

$D_v$  = jarak tempuh vertikal (m)

$V_v$  = kecepatan hoist (m/menit)

### 2.6.2 Waktu Tempuh Rotasi

Waktu tempuh *Tower Crane* secara berputar atau rotasi.

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

Dimana :

$T_r$  = waktu tempuh rotasi (menit)

$D_r$  = jarak tempuh rotasi (rad)

$V_r$  = kecepatan swing (rad/menit)

### 2.6.3 Waktu Tempuh Horizontal

Waktu tempuh Horizontal ( $T_h$ )

Waktu tempuh *Tower Crane* secara horizontal.

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

Dimana :

$T_h$  = waktu tempuh horisontal (menit)

$D_h$  = jarak tempuh horisontal (m)

$V_h$  = kecepatan trolley (m/menit)

### 2.7 Produktivitas

Produktivitas *Tower Crane* ditentukan oleh jumlah pekerjaan yang dapat diselesaikannya. Produktivitas suatu sistem ditentukan oleh proporsi output yang dihasilkan dalam kaitannya dengan semua sumber daya input yang digunakan. Satuan produktivitas *tower crane* tergantung pada pekerjaan yang dilakukannya. Produktivitas *tower crane* sangat dipengaruhi oleh siklus waktu.

Berikut adalah rumus produktivitas:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{input}}$$

Dimana :

$Output$  = Volume material (kg)

$Input$  = Waktu siklus (jam)

### 2.8 Faktor faktor yang Mempengaruhi Produktifitas Tower Crane

Produktifitas *Tower Crane* di pengaruhi oleh kondisi alat, kondisi lapangan, manajemen proyek, dan kemampuan operator.

#### 2.8.1 Kondisi Alat

Umur ekonomis alat sangat mempengaruhi produktifitas dari alat *Tower Crane*. *Tower Crane* yang telah melebihi umur ekonomis pada umumnya produktifitasnya lebih rendah jika dibandingkan dengan produktifitas *Tower Crane* yang tidak melebihi umur ekonomisnya. Untuk menjaga agar alat *Tower Crane* tetap pada kondisi yang baik maka perlu di lakukan pemeriksaan secara periodik yaitu sebulan sekali.

### 2.8.2 Kondisi Lapangan

Kondisi lapangan suatu proyek konstruksi sangat mempengaruhi produktifitas Alat *Tower Crane*. Kondisi lapangan yang penuh dengan hambatan akan menyebabkan produktifitas *Tower Crane* menurun. Faktor kondisi lapangan ini antara lain:

1. Kondisi lokasi sekitar proyek, misalnya dengan adanya bangunan tinggi di sekitar proyek dapat membatasi ruang gerak dari *tower crane* yang dapat menyebabkan produktifitas menurun.
2. Kondisi cuaca, seperti ketika hujan penglihatan operator akan terganggu sehingga operator cenderung untuk berhati – hati dalam pengoperasian *Tower Crane*.

### 2.8.3 Faktor Manajemen

Menajemen Peurifoy (1997), kondisi manajemen yang baik dan teratur akan semakin meningkatkan produktifitas *Tower Crane*, sebaliknya kondisi manajemen yang buruk akan menurunkan produktifitas *tower crane*. Faktor manajemen ini meliputi:

1. Pemeliharaan Alat (maintenance)  
Untuk mengontrol dan menjaga kondisi alat *tower crane* perlu di lakukan pemeriksaan secara periodic oleh teknisi. Hal - hal yang harus di periksa pada alat *tower crane* adalah minyak pelumas pada mesin *Tower Crane*, jika kurang harus di tambahkan, debu – debu yang menempel pada mekanisme pengereman harus di bersihkan, kabel – kabel elektrik, jika rusak segera di ganti.
2. Penempatan Material  
Akses menuju pengangkutan material di usahakan mudah terjangkau oleh *Tower Crane* di maksudkan agar proses pengangkutan lebih cepat dan tepat.
3. Rencana Kerja  
Seperti perencanaan layout, pengawasan dan pemeliharaan *tower crane*, adanya komunikasi yang jelas antara operator dan perencana schedule proyek kerja di lapangan yang membantu pemasangan dan

pembongkaran material.

#### 2.8.4 Kemampuan Operator

Operator *Tower Crane* merupakan orang yang paling penting kontribusinya terhadap penggunaan *Tower Crane* yang aman dan ekonomis. Operator *Tower crane* harus memiliki keahlian dalam mengoperasikan dan mengenal mekanisme kerja *Tower Crane*. Pemilihan operator *Tower Crane*, harus di pilih operator yang memiliki SIO (surat ijin Operasional). Operator yang memiliki SIO kemampuannya lebih teruji.

Dalam pengoperasian *Tower Crane* operator sebaiknya tidak boleh merokok, makan dan membaca, operator *Tower Crane* dituntut bekerja dengan penuh konsentrasi. Sebelum pengoperasian *Tower Crane* harus diperiksa oleh operator, untuk itu diperlukan operator yang kemampuan untuk menangani *Tower Crane* agar dapat dioperasikan dengan baik. Letak *Tower Crane* harus direncanakan *engineer* dengan baik dengan mempertimbangkan kenyamanan dan keselamatan para pekerja.

#### 2.9 Biaya Operasional Tower Crane

Menurut (Nunnaly, 2007) Biaya yang dikeluarkan saat menjalankan mesin dikenal sebagai biaya operasi tower crane. Beberapa biaya terdiri dari operasional Tower Crane.

a. Biaya Operator Alat

Biaya yang dikeluarkan untuk mengkompensasi Operator

b. Biaya Pelumas

Jumlah ini mewakili biaya pembelian pelumas saat mengoperasikan Tower Crane.

c. Biaya Bahan Bakar (Fuel Cost)

Biaya ini mewakili bahan bakar diesel yang harus dibeli untuk mengoperasikan Tower Crane.

d. Biaya Sewa Alat *Tower Crane*

Biaya ini adalah harga sewa untuk tower crane; Perhitungan sering dilakukan setiap jam.