

BAB II

STUDI PUSTAKA

2.1 Pengertian Efektifitas

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 ahli lainnya menunjukkan bahwa teori efektivitas memiliki karakteristik seperti memahami program, mencapai tujuan, ketepatan waktu, mencapai tujuan, dan mencapai perubahan nyata (Andriani, 2018). Oleh karena itu, proyek konstruksi dianggap efektif jika dilakukan tepat waktu dan dengan biaya minimal.

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini juga menggunakan penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebelumnya sebagai bahan referensi-referensi yang berkaitan dengan subyek dan objek penelitian yang sudah digunakan.

Studi Tentang Pemilihan Jenis *Crane*

Dari penelitian yang dilakukan oleh M. Rahman Abusama (2018). Penelitian ini diobservasi tentang perbandingan efektivitas pemakaian alat berat *tower crane* sebagai alat pemindahan dan pengangkatan material. Merk dan jenis *tower crane* untuk setiap proyek berbeda satu dengan yang lainnya. Mengacu pada kondisi tersebut masing-masing alat mempunyai kekurangan dan kelebihan serta memiliki pertimbangan-pertimbangan tertentu dalam pemilihan peralatan, sehingga diharapkan dapat mencari hasil terbaik yang ditinjau dari segi biaya dan waktu pelaksanaan. Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa pihak kontraktor menggunakan *tower crane* diperuntukan untuk sebuah proyek apartemen dan mall yang memiliki ruang lingkup area luas (>100.000 m²). Pihak kontraktor dalam pemilihan alat berat jenis crane ini memperlihatkan faktor luasan area proyek yang akan dikerjakan, kemudian disesuaikan dengan kapasitas crane yang akan dipakai. Biaya yang dikeluarkan untuk menyewa *tower crane* dalam satu bulan bisa mencapai Rp. 95.000.000.

Pemilihan *Free Standing Crane* Berdasarkan Biaya Alat

Penelitian yang dilakukan Wicaksono (2018) tentang pemilihan *free standing crane* berdasarkan biaya alat dilakukan dengan metode observasi langsung di lapangan pada pekerjaan proyek pembangunan Rumah Sakit Panti Rapih. Dari observasi yang sudah dilakukan didapatkan

data-data tentang aktivitas yang dilakukan tower crane (TC) yang ada pada proyek pembangunan Rumah Sakit Panti Rapih. Analisis penelitian diawali dengan perhitungan produktivitas tower crane (TC) tipe POTAIN MC 205 dengan panjang jib 60 meter yang kemudian dibandingkan dengan 2 buah tower crane (TC) tipe fotain fo 23b dengan panjang jib 35 meter, manakah dari dua perhitungan ini yang memiliki produktivitas lebih efektif. Selain itu dilakukan perhitungan biaya operasional dari kedua jenis pemilihan tower crane (TC) ini manakah yang memiliki biaya lebih sedikit. Dari hasil analisis yang sudah dilakukan didapatkan total waktu siklus tower crane (TC) POTAIN MC 205 sebesar 16.890 menit dan tower crane (TC) fotain fo 23b sebesar 16,670 menit dan 15,777 menit. Sedangkan total biaya yang perlu dikeluarkan untuk operasional tower crane (TC) tipe mc 205 adalah sebesar Rp.1.379.06.000,00 sedangkan biaya operasional untuk dua buah tower crane tipe fo 23b adalah sebesar Rp.1.736.120.000,00.

Dari hasil perhitungan di atas maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan satu buah tower crane (TC) tipe POTAIN MC 205 dengan panjang jib 60 meter lebih efektif dari pada menggunakan 2 tower crane tipe fo 23b dengan panjang jib 35 meter dikarenakan memiliki biaya operasional lebih sedikit.

Analisa Pemilihan dan Tata Letak *Tower Crane* Terhadap Waktu dan Biaya Konstruksi

Penelitian yang dilakukan Utari (2019) tentang analisa pemilihan dan tata letak tower crane terhadap waktu dan biaya konstruksi dilakukan dengan metode observasi langsung di lapangan pada pekerjaan proyek pembangunan tahap 2 Holand Park. Setelah mendapatkan semua data yang diperlukan maka dapat memulai analisis data. Mulai dari perhitungan waktu penggunaan tower crane dan perhitungan biaya operasional tower crane (TC). Pada penelitian ini dilakukan dua kali perhitungan dengan dua letak berbeda yang kemudian dibandingkan letak tower crane (TC) mana yang lebih efektif.

Dari perhitungan yang sudah dilakukan pada penempatan tower crane A diperoleh waktu total dari lantai 1 sampai 7 sebesar 4647,533 jam atau 387,30 hari, dan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp.155.693.255,00. Sedangkan pada penempatan tower crane B diperoleh waktu total dari lantai 1 sampai 7 sebesar 4068,543 jam atau sebesar 339,05 hari dan biaya yang dibutuhkan sebesar Rp.136.296.905,00. Dari hasil perhitungan ini dapat disimpulkan letak tower crane B lebih efektif dari penempatan tower crane A dengan selisih waktu 48,25 hari dan selisih biaya Rp.19.396.350,00 lebih kecil.

Analisis Penggunaan Tower Crane Untuk Pekerjaan Struktur Pada Proyek One Signature Gallery Surabaya

Penelitian yang dilakukan Pangestu, dkk (2021) tentang analisis penggunaan tower crane untuk pekerjaan struktur pada proyek One Signature Gallery Surabaya dilakukan dengan metode observasi langsung di lapangan. Data yang didapatkan adalah data sekunder seperti spesifikasi tower crane (TC), volume pekerjaan struktur, site installation, gambar rencana proyek dan harga sewa alat. Pada penelitian ini dilakukan perhitungan jumlah tower crane (TC) yang dibutuhkan serta menghitung total waktu yang dibutuhkan dan biaya sewa dari tower crane (TC) yang digunakan. Setelah semua data sudah terkumpul dilakukan perhitungan jumlah tower crane (TC) yang dibutuhkan yaitu tower crane (TC) tipe POTAIN MDT 189 dengan panjang jib 55 meter dan tower crane (TC) tipe POTAIN MCT 205 dengan panjang jib 35 meter. Kemudian dilakukan perhitungan total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan struktur atas yaitu sebesar 4.790 jam. Sedangkan biaya sewa untuk tower crane 1 sebesar Rp. 416.666,67/jam dan untuk tower crane 2 sebesar Rp. 375.000,00/jam, sedangkan total biaya untuk pengadaan dan operasional tower crane adalah sebesar Rp. 4.878.000.000,00.

Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat *Tower Crane* dan *Mobilcrane*

Pada Proyek Holland Park Condotel Batu Malang M. Rahman Abusama (2018). Pada penelitian ini penulis melakukan pengujian perbandingan biaya dan waktu dari *tower crane* dengan menganalisa pemakaian alat berat *tower crane* sebagai alat pengangkatan dan pemindahan material. Langkah perhitungan dibagi menjadi dua tahap, yaitu perhitungan waktu pelaksanaan peralatan dan perhitungan biaya peralatan. Dalam menghitung waktu pelaksanaan langkah yang diambil adalah menghitung dan menentukan beban kerja alat, produktivitas dan kapasitasnya dari peralatan yang digunakan. Sedangkan dalam menentukan biaya pelaksanaan yang diperhitungkan merupakan biaya sewa, biaya peralatan penunjang serta biaya operasi alat yang meliputi bahan bakar, pelumas, pemeliharaan dan operator. Dari perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan alat dan ditinjau dari segi waktu dan biaya pelaksanaan. Hasil dari perhitungan menunjukkan untuk Waktu dan Biaya dari penempatan Tower Crane A di peroleh waktu total dari lantai 1 sampai dengan lantai 7 adalah 4647,553 jam = 387.30 Hari, dan biaya yang di butuhkan untuk letak Tower Crane A adalah = Rp. 155,693,255. Sedangkan Waktu dan Biaya dari penempatan Tower Crane

B di peroleh waktu total dari lantai 1 sampai dengan lantai 7 adalah 4068.543 jam = 339.05 Hari, dan biaya yang di butuhkan untuk letak Tower Crane B adalah = Rp. 136.296,905.

Sehingga dapat disimpulkan dari hasil perhitungan waktu dan biaya dari letak Tower Crane A dan B yang lebih Efisien adalah Tower Crane B karena dari segi Biaya, Waktu, dan Letak Tower Crane B lebih murah dengan waktu pengerjaan yang lebih cepat, maka yang di pakai adalah Tower Crane B.

Dapat disimpulkan bahwa pemilihan *tower crane* (TC) sangat mempengaruhi biaya yang dikeluarkan untuk biaya operasional *tower crane* (TC) serta waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan pada proyek konstruksi. Pemilihan ini bisa dilakukan dengan pemilihan jenis *tower crane* (TC) yang digunakan ataupun bisa juga dengan memilih tipe *tower crane* (TC) dan panjang *jib* yang digunakan. Jumlah *tower crane* (TC) juga mempengaruhi waktu yang diperlukan *tower crane* (TC) untuk menyelesaikan suatu pekerjaan tetapi semakin banyak *tower crane* yang digunakan biaya operasionalnya juga akan semakin besar. Seperti pada penelitian yang dilakukan Wicaksono (2018) yang mengganti *tower crane* eksisting yang berjumlah satu buah menjadi dua buah *tower crane* yang memiliki panjang *jib* lebih pendek, walaupun dalam segi waktu dua buah *tower crane* lebih efektif akan tetapi biaya operasionalnya jauh lebih besar jika dibandingkan dengan satu buah *tower crane*. Penelitian yang telah dilakukan belum membandingkan antara dua buah *tower crane* yang dibandingkan dengan dua buah *tower crane* tetapi dengan tipe dan spesifikasi yang berbeda, maka pada penelitian yang dilakukan ini akan membandingkan *tower crane* eksisting yaitu dua buah *tower crane* dengan panjang *jib* 70 meter.

2.3 Pengertian Tata Letak/LayOut

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).

2.4 Tata Letak / LayOut

Tata Letak tower crane yang baik dan efektif adalah:

1. Dari peletakan tersebut, panjang tower crane jib 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.

2.4.1 Bagian – bagian Tower Crane

Menurut Rostiyanti F. (2008) Tower Crane memiliki beberapa bagian yang memiliki fungsinya masing-masing antara lain :

1. *Base Section*

Tower crane (TC) merupakan crane yang memerlukan pondasi untuk berdiri. Pondasi ini dibuat dengan proses pengecoran menggunakan semen kedalam lubang yang telah dibuat sebelumnya. Bagian *base station* adalah bagian dasar dari *tower crane* (TC) yang terdiri dari 4 kaki penopang. Pembuatan *base section* yang kuat sangatlah penting dalam proses perangkaian *tower crane* (TC) karena sangat mempengaruhi seberapa kokohnya nanti *tower crane* (TC) itu sendiri. Gambar *Base section* dapat dilihat pada Gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2. 1 Base Station

(Sumber: <https://forum.scssoft.com/viewtopic.php?t=285371>)

2. *Mast atau Tiang Utama*

Mast section adalah rangkaian tiang yang dipasang setelah pondasi sudah terpasang. Bagian inilah yang nantinya akan terus bertambah tinggi mengikuti naiknya struktur bangunan. Semakin

naik struktur bangunan maka bagian ini akan terus bertambah tinggi. Tinggi maksimal dari *mast section* tergantung dari jenis *tower crane* yang digunakan sehingga pemilihan jenis *tower crane* juga perlu memperhatikan tinggi dari struktur bangunan yang akan dikerjakan. Gambar dari *mast section* dapat dilihat pada Gambar 2.2 berikut ini.



Gambar 2. 2 Mast Section
(Sumber: Eltech Indonesia)

3. *Slewing Ring*

Tower crane (TC) dapat berputar sebesar 360° pada porosnya, hal ini bisa dilakukan karena terdapat bagian *slewing* yang berada di bagian atas dari *tower crane* (TC) atau tepatnya berada di bagian atas *mast section*. Perputaran *slewing* ini dapat diatur dari *handle* atau tuas yang berada di kabin kontrol. Gambar *slewing* dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2. 3 Slewing Mechanism

(sumber: <https://www.chinatowercranes.com/1-15-topkit-tower-crane-qtz200-6520.html>)

4. *Jib Section Lengan*

Pada bagian belakang kabin control terdapat beban yang biasanya terbuat dari beton, bagian ini bernama *counter jib* yang berfungsi sebagai imbalan berat (*counter weight*) dari *jib* agar *tower crane* (TC) bergerak seimbang. Berat dari *counter jib* sudah diperhitungkan dan disesuaikan sesuai dengan spesifikasi dari *tower crane* (TC) itu sendiri. Gambar dari *counter jib* dapat dilihat pada

Gambar 2.4 berikut ini.



Gambar 2. 4 Counter Jib

(Sumber: <https://www.bigstockphoto.com/search/counter-jib/>)

5. Jib

Jib terdiri dari *motor trolley*, *hoist*, dan *crane*. *Jib* adalah bagian yang berfungsi sebagai lengan dari *tower crane* (TC) dan tempat meletakkan *motor trolley* dan *hoist*. *Motor trolley* adalah sebuah rel dengan kaitan *hoist crane* yang dapat bergerak sepanjang dari *jib* atau lengan *tower crane* sedangkan *hoist crane* adalah alat untuk mengangkat beban. Terdapat 2 jenis dari *jib* pada *tower crane* (TC) yaitu:

a. Saddle jib

Adalah jenis *jib* dengan instalasi sudut 90° pada tiang.

b. Luffing jib

Adalah jenis *jib* yang dirangkai dengan sudut $>90^\circ$ saat proses instalasi. Gambar dari *saddle jib* dan *luffing jib* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dan Gambar 2.6 berikut ini.



Gambar 2. 5 Saddle Jib

(Sumber: <https://www.tower-crane.co.uk/crane-type/saddle-jib/>)



Gambar 2. 6 Luffing Jib

(Sumber: <https://indonesian.alibaba.com/product-detail/newest-best-selfrising-hydraulic-qtd5513-luffing-jib-tower-crane>)

6. Trolley

Merupakan alat yang bergerak sepanjang jib yang di gunakan untuk memindahkan material secara horisontal dan pada *trolley* tersebut di pasang hook atau kait. Kait dapat bergerak secara vertikal untuk mengangkat material. Gambar dari *trolley jib* dapat dilihat pada Gambar 2.7 berikut ini.



Gambar 2. 7 Trolley

(Sumber: towercrane/product_Tower-Crane-Spare-Parts-Trolley-Winch)

2.4.2 Pemilihan Tower Crane

Pemilihannya harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal tersebut dikarenakan dalam pengoperasiannya tower crane harus diletakkan di suatu tempat yang tetap selama proyek berlangsung, sehingga tower crane mampu memenuhi kebutuhan akan pemindahan material dari suatu tempat ke tempat berikutnya sesuai daya jangkauan yang ditetapkan. Pemilihan jenis tower crane yang akan di pakai harus mempertimbangkan (Rostiyanti, 2002) :

1. Situasi dari proyek (ruang yang ada, batasan lokasi, alat-alat lain yang ada).
2. Bentuk dari struktur bangunan.
3. Ketinggian struktur bangunan yang dikerjakan.
4. Radius yang dapat dijangkau oleh tower crane yang digunakan.

Ada empat jenis *tower crane* yang dapat dipilih, tetapi untuk menentukan jenis tower crane yang akan digunakan pada suatu proyek tergantung dari kondisi denah dan lokasi disekitar proyek tersebut (Adnan, 2021).

Tabel 2. 1 Kelebihan Dan Kekurangan Jenis Tower Crane

Jenis Tower Crane	Kelebihan	Kekurangan
Free Standing Crane	Jangkauan jib yang panjang sehingga dapat mengatasi area yang luas	Menggunakan pondasi sendiri jadi tower crane ini tidak dapat digunakan pada pembangunan proyek yang wilayahnya terbatas.
Rail Mounted Crane	Menggunakan rel sehingga dapat mempermudah alat untuk membawa bahan material sepanjang rel tersebut.	Harga rel dari tower crane ini terlalu mahal.
Climbing Tower Crane	Tower crane jenis ini menjadi alternatif untuk pekerjaan proyek konstruksi memiliki luas lahan yang terbatas.	Perletakan tower crane ini pada core atau inti bangunan, jadi tidak semua bangunan dapat di letakkan tower crane didalamnya.
Tied In Crane	Dapat ditambatkan atau dijangkar pada struktur bangunan proyek, tower crane jenis ini dapat digunakan untuk luas lahan yang kecil	Mast Section yang digunakan pada tower crane ini kecil sehingga bisa membuat tertekuk pada ketinggian lebih dari 100 meter

2.5 Jarak Tempuh

2.5.1 Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh vertikal Tower Crane adalah jarak total yang di tempuh oleh hoist secara vertical, jarak tempuh vertical meliputi jarak tempuh vertikal angkat. (Soeharto 1997).

$$Dv : Hlt + Ho \dots\dots\dots (2.1)$$

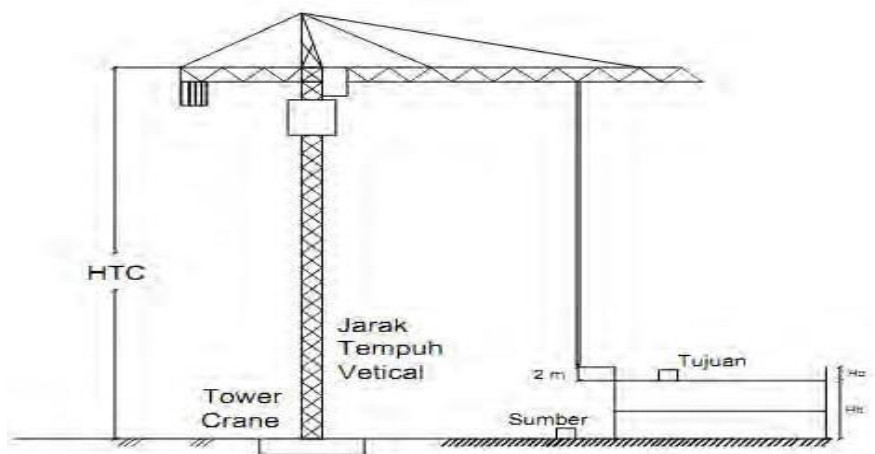
Keterangan :

Dv = jarak vertikal (m)

Hlt = ketinggian lantai tujuan (m)

Ho = tinggi tambahan yang di perlukan

Hasil observasi di lapangan di peroleh Ho yang di butuhkan untuk mengangkat tulangan (kolom, balok dan plat), bucket beton segar, bekisting adalah 2 meter seperti terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 8 Jarak Tempuh Vertikal
 (Sumber : Alat berat untuk proyek konstruksi; Rostiyanti)

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.

Jarak tempuh horizontal : $D_h = \{D_1 - D_2\}$ (2.2)

$D_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2}$ (2.3)

$D_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$ (2.4)

Dimana :

D_h = Jarak tempuh horizontal

$D_1 = \sqrt{X_1^2 + Y_1^2}$ = Jarak antara Tower Crane dengan sumber material

$D_2 = \sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$ = Jarak antara Tower Crane dengan tujuan penempatan

X_1, Y_1 = Koordinat sumber material terhadap 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 ketempat sumber material.

$$\cos \theta = \frac{D1^2 + D2^2 + D3^2}{2 \times D1 \times D2} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$D3 = \sqrt{(X2 - X1)^2 + (Y2 - Y1)^2} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

α = Dr : sudut/jarak tempuh rotasi (radian)

D3 = jarak antara sumber dengan tujuan (m).

2.5.4 Waktu Siklus Tower Crane (TC)

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan tower crane untuk melakukan satu kali putaran yang terdiri dari Gerakan vertikal (hoist), horizontal (trolley) dan berputar (swelling), dimana ketiga gerakan utama ini terdiri dari enam tahap pekerjaan yaitu mengikat material, mengangkat, memutar, menurunkan, dan melepas material sampai Kembali lagi menuju lokasi persediaan material (Varma, 1979).

1. Waktu tempuh vertikal (Tv)

Waktu tempuh vertikal dihitung menggunakan rumus :

$$Tv = \frac{Dv}{Vv} \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

Tv = Waktu Tempuh Vertikal (menit)

Dv = Jarak Tempuh Vertikal (meter)

Vv = Kecepatan Hoist (m/menit)

2. Waktu tempuh rotasi

Waktu tempuh rotasi dihitung menggunakan rumus :

$$Tr = \frac{Dr}{Vr} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan :

Tr = Waktu Tempuh Rotasi (menit)

Dr = Jarak Tempuh Rotasi (meter)

Vr = Kecepatan Swing Tower Crane (radian/menit)

3. Waktu tempuh horizontal

Waktu tempuh horizontal dihitung menggunakan rumus :

$$Th = \frac{Dh}{Vh} \dots\dots\dots (2.9)$$

Keterangan :

Th = Waktu Tempuh Horizontal (menit)

Dh = Jarak Tempuh Horizontal (meter)

Vh = Kecepatan Trolley (m/menit)

4. Waktu siklus total

Waktu siklus total dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Waktu Siklus} = \text{Waktu Pemasangan} + \text{Waktu Angkat} + \text{Waktu Bongkar} + \text{Waktu Kembali} \dots\dots\dots 2.10)$$

2.5.5 Efektivitas Tower Crane

Efektivitas adalah tolak ukur keberhasilan antara rencana terhadap aktual di lapangan. Efektivitas sangatlah penting karena akan mempengaruhi jalannya proyek proyek sehingga dapat mengurangi *idle time* yang terjadi. Perhitungan efektivitas TC :

$$\text{Durasi pemakaian TC} = \frac{\text{Durasi Waktu Total Pemakaian Tower Crane}}{\text{Faktor Manajemen-pekerjaan}} \dots\dots\dots 2.11)$$

Durasi pemasangan -pembongkaran TC (hari)

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Durasi Pemakaian TC}}{\text{Durasi Pemasangan-Pembongkaran TC}} \times 100\% \dots\dots\dots 2.12)$$

2.6 Struktur Utama

Menurut Istimawan Dipohusodo, (1999) Struktur baja adalah suatu sistem konstruksi yang menggunakan komponen baja struktural yang saling terhubung untuk mengangkut beban dan memberikan kekakuan penuh. Struktur baja memiliki kekuatan yang tinggi dan membutuhkan lebih sedikit bahan baku dibandingkan jenis struktur lain seperti struktur beton dan struktur kayu. Tali kawat baja dilarang jika memiliki sambungan, simpul atau tikungan, tikungan, lipatan atau pengelupasan, aus atau karat, dan untuk tali kawat baja dengan konstruksi yang lebih bengkok, kawat putus.

2.6.1 Kolom

Kolom adalah anggota struktural vertikal yang terutama mendukung beban dalam struktur arsitektur. Fungsi kolom adalah untuk mentransfer beban dari langit-langit, pelat lantai, atap dan balok ke fondasi bangunan. Penyangga terbuat dari baja dan beton dan diperkuat dengan bala bantuan yang bertindak sebagai pembawa beban, seperti: Contoh: jangkar, spiral, komposit. Penopang meliputi struktur primer untuk menopang berat bangunan dan beban lainnya seperti beban hunian (orang dan barang) dan meniup beban (Adnan, 2021).

2.6.2 Balok

Balok adalah elemen struktural yang dirancang untuk membawa beban bangunan dan mentransfernya ke struktur pendukung. Balok ini kaku dan digunakan untuk memperkuat beban bangunan. Ada berbagai jenis balok struktural. Misalnya, balok sederhana, balok kantilever, balok Terrizan, balok ujung tetap, permukaan gantung, dan balok kontinu atau kontinu (Adnan, 2021).

2.7 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.

1. Biaya Operator Alat

Biaya yang dikeluarkan untuk mengkompensasi Operator

2. Biaya Pelumas

Jumlah ini mewakili biaya pembelian pelumas saat mengoperasikan Tower Crane. Rumus perhitungan biaya operasional dapat dilihat pada rumus (2.13) berikut ini.

Biaya Operasional = BS + BO + BP 2.13)

Keterangan :

BS = Biaya Sewa Tower Crane (TC)

BO = Biaya Operator Tower Crane (TC)

BP = Biaya Pelumas dan Perawatan

3. Biaya Bahan Bakar (Fuel Cost)

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

4. Biaya Sewa Alat Tower Crane

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

2.8 Hubungan Waktu dan Biaya Dalam Proyek Konstruksi

Tower crane memiliki biaya sewa dan operasional yang mahal jika dibandingkan dengan alat berat lainnya, oleh karena itu pemilihan tower crane harus dipertimbangkan agar tidak terjadi pemborosan biaya. Selain itu lamanya proyek berjalan juga mempengaruhi biaya sewa dan operasional tower crane sehingga efektifitas waktu dari tower crane yang dipilih juga harus dipertimbangkan. Semakin cepat pengerjaan proyek selesai dan semakin sedikit biaya yang dikeluarkan maka keuntungan yang didapatkan akan semakin besar. Untuk menghemat biaya dan

mempercepat pengerjaan proyek dapat dilakukan dengan banyak cara salah satunya adalah dalam pemilihan alat berat yang digunakan (Adnan,2021).

Oleh karena hal ini optimasi waktu dan biaya sangat penting untuk diketahui pada perencanaan suatu proyek konstruksi. Waktu dan biaya yang optimal dalam pelaksanaan proyek konstruksi dapat memberikan keuntungan yang maksimal. Banyak yang dapat dilakukan untuk optimasi biaya dan waktu salah satunya adalah dalam pemilihan alat berat yang sesuai. Salah satu alat berat yang memiliki biaya sewa tinggi adalah tower crane (TC) sehingga pemilihan tower crane (TC) yang tepat dapat mengoptimalisasi biaya dan waktu pada pekerjaan proyek konstruksi (Adnan Nurfathoni, 2021).