

# EFISIENSI TATA LETAK DAN PENGGUNAAN ALAT BERAT *TOWER CRANE* PADA PROYEK GEDUNG BERTINGKAT

Reskina T A Sinurat  
reskinat@students.polmed.ac.id

**ABSTRAK** Salah satu faktor yang memengaruhi keberhasilan dari suatu proyek adalah pemilihan alat konstruksi yang tepat. Hal ini berhubungan dengan kinerja alat yang digunakan untuk menghasilkan keuntungan proyek baik dari segi waktu maupun biaya. Alat berat yang memegang peranan penting dalam suatu proyek berskala besar yaitu *tower crane*. Penurunan kinerja alat berat *tower crane* yang memengaruhi produktivitas *tower crane* merupakan masalah yang sering terjadi pada proyek konstruksi bangunan. Salah satu penyebab terjadinya penurunan produktivitas *tower crane* adalah tata letak *tower crane* yang tidak efisien. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan perbandingan waktu, produktivitas, dan biaya *tower crane* berdasarkan letak *tower crane* yang ada di proyek dengan letak *tower crane* baru yang ditentukan oleh penulis. Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif yaitu dengan observasi langsung di lapangan dan wawancara/interview. Hasil berupa data yang diperoleh dari pengumpulan data akan diolah dan dianalisis. Berdasarkan hasil pengolahan data, diperoleh hasil *tower crane* letak baru lebih efisien dibandingkan *tower crane* letak awal dengan estimasi perhitungan waktu siklus, produktivitas dan biaya operasional dari *tower crane* letak baru yaitu 1,252 jam/hari, 12459,11 kg/jam dan Rp.707,717,932.25 sedangkan *tower crane* letak awal yaitu 1,492 jam/hari, 10454,83 kg/jam dan Rp.716,042,746.67

*One of the factors that influenced the success of the project was the selection of the right construction tools. This relates to the performance of the tools used to generate project profits both in terms of time and cost. Heavy equipment that plays an important role in a large-scale project, namely tower cranes. Decreased performance of tower cranes that affect the productivity of tower cranes is a frequent problem in building construction projects. One of the causes of the decrease in tower crane productivity is the inefficient layout of tower cranes. Therefore, the purpose of this study is to get a comparison of the time, productivity, and cost of tower cranes based on the location of tower cranes that are in the project with the location of new tower cranes determined by the authors. This research is quantitatively descriptive, namely with direct observation in the field and interviews. Results in the form of data obtained from data collection will be processed and analyzed. Based on the data processing results, the result of the new location tower crane is more efficient than the initial location tower crane with estimated calculation of cycle time, productivity & operating cost of the new tower crane is 1,252 hours/day, 12459.11 kg/h and Rp.707,717,932.25 while the initial tower crane is 1,492 hours/day, 10454.83 kg/hour and Rp.716,042,746.67*

**KATA KUNCI** Efisien, *Tower Crane*, Tata Letak, Waktu Siklus, Produktivitas, Biaya

---

*Penulis adalah mahasiswa program studi MRKG, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Medan*

**PENDAHULUAN** Dalam proyek konstruksi, produktivitas *tower crane* adalah salah satu penentu untuk memenuhi target proyek agar terpenuhi sesuai waktu yang direncanakan. Dalam mengukur besarnya produktivitas *tower crane* ada berbagai macam cara, salah satunya yaitu meneliti kebutuhan waktu siklus pengangkatan material dan volumenya setiap pengangkatan. Besarnya produktivitas *tower crane* dipengaruhi oleh empat faktor, di antaranya adalah kondisi alat, kondisi lapangan, manajemen, dan kemampuan operator. Namun pemakaian *tower crane* memiliki kendala yaitu mahalnya biaya sewa dan biaya operasional. Sedangkan proyek gedung tinggi memiliki jangkauan area yang sangat luas dan elevasi yang tinggi. Oleh karena itu kontraktor harus menempatkan *tower crane* yang tepat agar penggunaan *tower crane* tersebut dapat efisien sehingga dapat mereduksi waktu dan biaya penggunaan *tower crane* (Rahman S, 2012). Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui dan mendapatkan perbandingan letak *tower crane* yang lebih efisien baik dari segi waktu, produktivitas, biaya dan keamanan *tower crane* dari letak *tower crane* sebelumnya yang ada di proyek.

**TINJAUAN PUSTAKA** *Tower Crane*

*Tower crane* adalah suatu alat pengangkat dan pemindah material yang bekerja dengan prinsip kerja tali, *tower crane* digunakan untuk angkat muatan secara vertikal dan gerak kearah horizontal bergerak secara bersama dan menurunkan muatan ke tempat yang telah ditentukan dengan mekanisme pergerakannya. *Tower crane* secara umum dipergunakan untuk mengangkat material yang bebannya di luar kapasitas manusia dan memindahkannya ke lokasi lain. *Tower crane* atau disingkat TC adalah *crane* dengan tiang vertikal yang puncaknya terdiri dari *rotation boom and winch* untuk menarik beban ke atas dan ke bawah, serta *winch* tersebut dapat bergerak maju mundur sepanjang *boom*. *Winch* dapat mencapai seluruh lokasi di dalam area 360 derajat dari *boom Tower crane*. Adapun bagian-bagian tower crane beserta fungsinya berikut ini:

1. *Jib*

Bagian ini dianggap sebagai ‘lengan’ *Tower crane* dan dapat digerakkan secara horizontal sampai 360 derajat.

2. *Counter weight*

Selanjutnya, komponen *tower crane* ini posisinya tepat berada di belakang *jib*. *Counter weight* terbuat dari beton yang memiliki fungsi sebagai pemberat hingga penyeimbang. Sehingga, alat-alat proyek yang diangkut oleh alat berat tersebut tetap stabil dan tidak mendadak jatuh.

3. *Hoist*

Merupakan bagian *tower crane* yang berfungsi sebagai alat vertikal

4. *Trolley*

Merupakan bagian *tower crane* yang berfungsi sebagai alat horizontal

5. *Seling*

Merupakan bagian *tower crane* berupa kabel baja dan merupakan bagian dari *hoist*

**Produktivitas *Tower Crane***

Dengan mengacu pada perinsip kerja dari *tower crane* dan pemilihan serta penentuan *tower crane* yang tepat maka kita dapat menghitung produktivitas sebuah *tower crane*. Secara umum produktivitas adalah hasil kerja (output) dibagi dengan satuan kerja sumber daya manusia / alat (input). (Soeharto, 1997).

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \dots\dots\dots (1)$$

Pada proyek konstruksi produktivitas alat adalah hasil kerja dari sebuah alat persatuan waktu. Satuan produktivitas *tower crane* tergantung pada pekerjaan yang dilakukan. Produktivitas *tower crane* sangat dipengaruhi oleh waktu siklus. Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan *tower crane* untuk melakukan satu kali putaran yang terdiri dari gerakan vertikal (*hoist*), horizontal (*trolley*), dan berputar (*swing*), di mana 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). Waktu siklus meliputi waktu tetap (*fix time*) dan waktu variabel (*variable time*).

Waktu tetap meliputi waktu mengikat dan melepas material yang tergantung pada jenis material yang diangkat, untuk setiap pekerjaan memiliki waktu tetap yang berbeda misalnya waktu untuk mengikat tulangan berbeda dengan waktu untuk mengikat bekisting. Waktu variabel tergantung pada jarak tempuh *tower crane* yaitu waktu tempuh vertikal gantung tinggi angkat, waktu tempuh rotasi tergantung pada sudut putar, dan waktu horizontal tergantung pada jarak titik tujuan dari sumber material.

**Jarak Tempuh *Tower Crane***

1. Jarak Tempuh Vertikal

Jarak tempuh vertikal *tower crane* adalah jarak total yang ditempuh oleh *hoist* secara vertikal, jarak tempuh vertikal meliputi jarak tempuh vertikal angkat. (Soeharto, 1997).

$$Div = Hlt + Ho \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Dv = jarak vertikal (m)

Hlt = ketinggian lantai tujuan (m)

Ho = tinggi tambahan yang di perlukan

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: Dh = {D1 – D2}

$$D1 = \sqrt{x1^2 + bY1^2} \dots\dots\dots (3)$$

$$D2 = \sqrt{x1^2 + bY1^2} \dots\dots\dots (4)$$

Di mana:

Dh = jarak tempuh horizontal

D1 = jarak antara *tower crane* dengan sumber

D2 = 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*

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.

$$\cos \alpha = \frac{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}{2 \times D_1 \times D_2} \dots\dots\dots (5)$$

$$D_3 = (\sqrt{X^2 + Y^2})^2 + (Y_2 - Y_1) \dots\dots\dots (6)$$

Di mana:

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

$D_3$  = jarak antara sumber dengan tujuan

**Biaya Operasional *Tower Crane***

1. Biaya Bahan Bakar (H)

Besarnya bahan bakar yang digunakan untuk mesin penggerak adalah tergantung dari besarnya kapasitas mesin yang bisa diukur dengan HP (*house power*). Biaya bahan bakar dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$H = FOM \times FW \times PBB \times PK \dots\dots\dots (7)$$

Di mana:

FOM = Faktor Operasi Mesin

FW = Faktor Efisiensi Waktu Operasi

PBB = Kondisi standar pemakaian bahan bakar per *house power*,  
untuk solar = 0,2 Liter/DK/Jam

PK = Kekuatan Mesin

2. Biaya Pelumas

Besarnya pelumas (seluruh pemakaian pelumas termasuk *grease* yang digunakan untuk alat yang bersangkutan dihitung berdasarkan kapasitas mesin yang diukur dengan HP (*house power*/daya mesin).

$$I = \frac{DK \times f}{195,5} + \frac{c}{t} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

- I = Besarnya pemakaian pelumas dalam 1 jam dalam 1 liter
- DK = Kekuatan Minyak
- C = Isi carter mesin = 200 liter
- T = Selang waktu pergantian

### Tata Letak/ *Layout*

Secara umum tujuan utama dari penentuan tata letak alat adalah untuk mendapatkan susunan yang paling efektif. Penyusunan tata letak yang baik akan memperlihatkan suatu penyusunan daerah dan peralatan yang paling ekonomis untuk di lakukan. Di samping itu juga harus menjamin keamanan dan kenyamanan kerja bagi para pekerja sehingga prestasi kerja dapat meningkat.

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

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

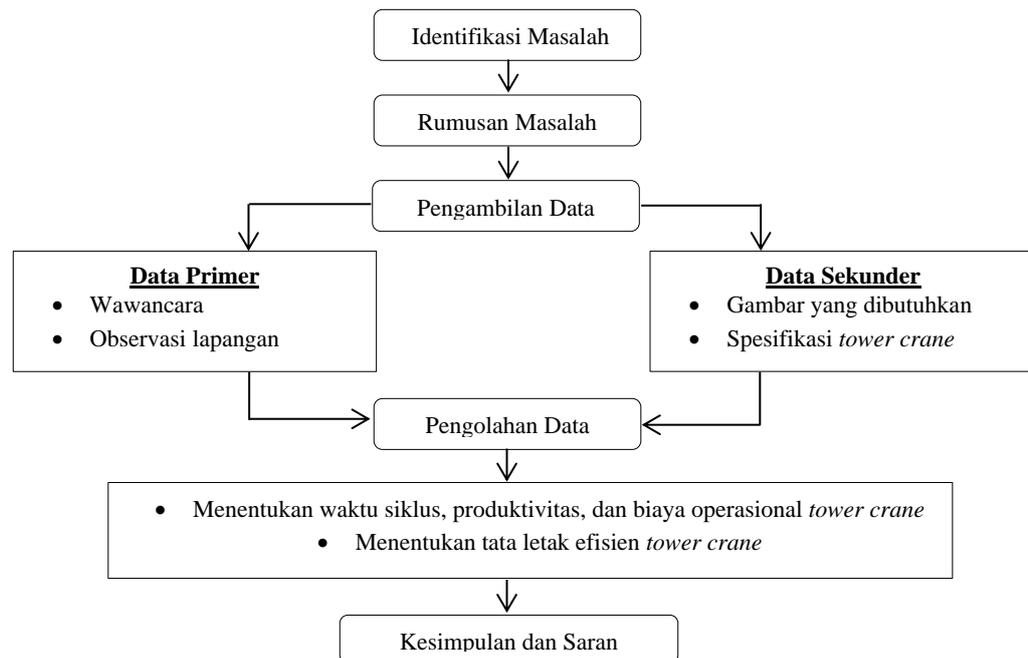
Tata letak *tower crane* yang kurang baik dan tidak efektif adalah:

1. Dari perletakan alat *tower crane* tersebut tidak bisa menjangkau ke seluruh bangunan.
2. Dari penempatan alat tersebut tidak memperkirakan keluar masuknya kendaraan pengangkut material sehingga menghambat proses pekerjaan.
3. Penempatan *tower crane* tidak mempertimbangkan letak material sehingga kinerja *tower crane* tidak efektif.

**METODE PENELITIAN**

Adapun tahapan yang dilakukan pada penelitian ini adalah:

1. Mempelajari dan melakukan studi literatur tentang alat berat *tower crane*
2. Mengamati letak *tower crane* awal dan menentukan titik *tower crane* baru
3. Mencatat waktu ikat dan lepas setiap material yang diangkut oleh *tower crane*
4. Mencatat titik sumber dan titik tujuan material serta berat beban yang diangkut oleh *tower crane*
5. Menganalisa waktu siklus *tower crane* letak awal dan *tower crane* letak baru
6. Menghitung produktivitas *tower crane*
7. Menghitung biaya operasional *tower crane*
8. Membandingkan waktu, produktivitas dan biaya operasional *tower crane* letak awal dengan *tower crane* letak baru



Gambar 1. Bagan alur penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Spesifikasi *Tower Crane***

Pada proyek pembangunan *Gedung Radiologi dan Rawat Inap Rumah Sakit Grand Medistra Lubuk Pakam*, *tower crane* yang digunakan memiliki spesifikasi yang memengaruhi waktu penggunaan *tower crane* seperti kecepatan *hoist*, kecepatan *trolley*, kecepatan *slewing*, dan kecepatan *landing*.

Spesifikasi *tower crane*:

Merk/Tipe : Shenyang Sanyo H25/15

Tahun Pembuatan : 2010

Kapasitas Angkat : 4000 kg

Tabel 1. Spesifikasi *Tower Crane*

Merk	Shenyang Sanyo H25/15	
Hoist	Angkat (m/menit)	Kembali (m/menit)
	42	85
Slewing	Angkat (m/menit)	Kembali (m/menit)
	288	288
Trolley	Angkat (m/menit)	Kembali (m/menit)
	30	60
Landing	Angkat (m/menit)	Kembali (m/menit)
	21	42

**Koordinat *Tower Crane***

Tabel 2. Koordinat *Tower Crane*

<i>Tower crane</i>	XTC	YTC
Letak Awal	220.287	255.202
Letak Baru	208.452	165.413

### **Perbandingan Waktu Siklus *Tower Crane***

Perhitungan waktu siklus diperoleh dari hasil analisa letak *tower crane*, sumber material dan tujuan material yang terdapat pada lampiran. Pada lampiran tersebut, terdapat koordinat sumbu x *tower crane* yang disebut dengan XTC dan koordinat sumbu y *tower crane* yang disebut dengan YTC. Kemudian, terdapat pula koordinat sumbu x dan sumbu y sumber material yang disebut dengan XS dan YS. Selanjutnya, terdapat pula koordinat sumbu x dan y lokasi tujuan yang disebut XT dan YT.

Setelah memperoleh koordinat dari *tower crane*, sumber material dan lokasi tujuan, maka dilakukan perhitungan untuk mencari jarak antara *tower crane* dengan lokasi sumber material (D1), kemudian mencari jarak antara *tower crane* dengan lokasi tujuan (D2). Setelah diperoleh D1 dan D2 dilakukan perhitungan untuk mencari panjang *trolley* (d). Kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari jarak antara sumber material dengan lokasi tujuan (D3) serta sudut rotasi *tower crane* ( $\alpha$ ).

Berikut analisa perhitungan waktu siklus pada tanggal 12 Juli 2020 pukul 08.00-17.00 untuk pekerjaan pengangkatan besi D22. Pada tabel 4.5 merupakan tabel untuk mencari D1, D2, d, D3 dan  $\alpha$ . Kemudian pada tabel 4.6 merupakan tabel untuk mencari waktu angkat. Tabel 4.7 merupakan tabel untuk mencari waktu kembali. Waktu ikat dan waktu lepas material terdapat pada lampiran. Untuk hasil siklus pekerjaan pengangkatan besi D22 tanggal 12 Juli 2020 dapat dilihat pada tabel.

1. Tower Crane Letak Awal

Tabel 3. Hasil Observasi Lapangan Kegiatan *Tower Crane*

No	Kegiatan	Waktu	Jumlah Pekerja	Waktu				Koordinat					
				Ikat "	Lepas "	X (m)	Y (m)	Z (m)	X (m)	Y (m)	Z (m)		
1	besi d22	10.30	2	1	20	0	20	142.9	230.5	0	160.0	141.0	16
2	besi d22	10.47	1	0	38	0	15	142.9	230.5	0	161.4	137.4	16
3	besi hollow	10.51	1	1	26	0	55	256.6	170.3	8	171.4	205.5	16
4	U head	11.00	1	0	10	0	45	256.6	170.3	0	171.6	201.3	16
5	U head	11.03	1	1	17	1	28	142.9	230.5	0	171.8	203.5	16
6	Tulangan Kolom	11.07	2	0	29	1	3	142.9	230.5	0	179.4	200.2	16
7	besi d22	11.40	2	0	51	0	49	142.9	230.5	0	156.2	138.5	16
8	besi d22	11.44	2	0	55	0	36	142.9	230.5	0	158.3	134.9	16
9	bekisting knockdown	11.49	2	0	45	0	56	122.5	261.0	16	131.9	217.9	16
10	bekisting knockdown	13.50	2	1	2	1	1	122.5	235.0	16	141.3	216.8	16
11	bekisting knockdown	14.05	2	1	10	1	12	148.5	261.1	16	138.2	213.4	16
12	bekisting knockdown	14.11	2	0	55	1	16	148.6	235.1	16	141.1	212.7	16
13	bekisting knockdown	14.16	2	1	5	1	22	174.6	235.1	16	132.5	214.3	16
14	bekisting knockdown	15.32	2	1	3	1	28	191.6	225.9	16	174.6	261.1	16
15	bekisting knockdown	15.40	2	1	12	1	22	196.0	231.5	16	200.6	261.1	16
16	bekisting knockdown	15.55	2	1	2	1	31	197.0	225.1	16	200.6	235.0	16

Tabel 4. Perhitungan D1, D2, d, D3, dan  $\alpha$  Pekerjaan Besi d22 *Tower Crane* Letak Awal

No	Kegiatan	XTC	YTC	XS	YS	XT	YT	D1 (m)	D2 (m)	d (m)	D3 (m)	Sudut slewing $\alpha$	
												Cos $\alpha$	$\alpha$
1	besi d22	276.807	196.359	142.9	230.5	160.0	141.0	138.19	129.26	8.93	91.12	0.77	39.66
2	besi d22	276.807	196.359	142.9	230.5	161.4	137.4	138.19	129.60	8.60	94.92	0.75	41.36
3	besi hollow	276.807	196.359	256.6	170.3	171.4	205.5	32.98	105.80	72.83	92.19	0.54	57.17
4	U head	276.807	196.359	256.6	170.3	171.6	201.3	32.98	105.32	72.35	90.48	0.58	54.90
5	U head	276.807	196.359	142.9	230.5	171.8	203.5	138.19	105.25	32.94	39.55	0.98	10.41
6	Tulangan Kolom	276.807	196.359	142.9	230.5	179.4	200.2	138.19	97.48	40.71	47.44	0.98	12.05
7	besi d22	276.807	196.359	142.9	230.5	156.2	138.5	138.19	133.77	4.42	92.96	0.77	39.93
8	besi d22	276.807	196.359	142.9	230.5	158.3	134.9	138.19	133.50	4.70	96.83	0.75	41.72
9	bekisting knockdown	276.807	196.359	122.5	261.0	131.9	217.9	167.30	146.50	20.80	44.11	0.97	14.27
10	bekisting knockdown	276.807	196.359	122.5	235.0	141.3	216.8	159.07	137.04	22.03	26.17	1.00	5.48
11	bekisting knockdown	276.807	196.359	148.5	261.1	138.2	213.4	143.72	139.65	4.06	48.80	0.94	19.77
12	bekisting knockdown	276.807	196.359	148.6	235.1	141.1	212.7	133.93	136.69	2.75	23.62	0.98	9.95
13	bekisting knockdown	276.807	196.359	174.6	235.1	132.5	214.3	109.30	145.42	36.12	46.96	0.97	13.67
14	bekisting knockdown	276.807	196.359	191.6	225.9	174.6	261.1	90.18	120.99	30.80	39.09	0.97	13.23
15	bekisting knockdown	276.807	196.359	196.0	231.5	200.6	261.1	88.12	99.99	11.88	29.96	0.96	16.85
16	bekisting knockdown	276.807	196.359	197.0	225.1	200.6	235.0	84.82	85.44	0.62	10.53	0.99	7.08

Keterangan:

XTC = Koordinat X dari *tower crane*

YTC = Koordinat Y dari *tower crane*

XS = Koordinat X dari sumber material

YS = Koordinat Y dari sumber material

- XT = Koordinat X dari tujuan pengantaran material
- YT = Koordinat Y dari tujuan pengantaran material
- D1 = Jarak antara *tower crane* dengan sumber material
- D2 = Jarak antara *tower crane* dengan tujuan material
- D3 = Jarak antara sumber material dengan tujuan material
- d = Panjang *boist*
- $\alpha$  = Sudut rotasi yang dilakukan *tower crane*

Tabel 5. Waktu Angkat Pekerjaan Pengangkatan Besi d22 *Tower Crane* Letak Awal

No	Waktu Angkat														Total Waktu Angkat (menit)
	Waktu Tempuh Horizontal			Waktu Tempuh Rotasi			Waktu Landing			Waktu Tempuh Vertikal					
	d (m)	Vv (m/menit)	Tha (menit)	$\alpha$ (°)	Vr (°/menit)	Tr (menit)	h (m)	V (m/menit)	t (menit)	hs (m)	ht (m)	hp (m)	Vv (m/menit)	Tva (menit)	
1	8.93	30	0.30	39.66	288	0.14	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	0.96
2	8.60	30	0.29	41.36	288	0.14	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	0.95
3	72.83	30	2.43	57.17	288	0.20	2	21	0.10	8	16	2	42	0.24	2.96
4	72.35	30	2.41	54.90	288	0.19	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	3.13
5	32.94	30	1.10	10.41	288	0.04	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	1.66
6	40.71	30	1.36	12.05	288	0.04	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	1.92
7	4.42	30	0.15	39.93	288	0.14	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	0.81
8	4.70	30	0.16	41.72	288	0.14	2	21	0.10	0	16	2	42	0.43	0.83
9	20.80	30	0.69	14.27	288	0.05	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	1.10
10	22.03	30	0.73	5.48	288	0.02	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	1.11
12	2.75	30	0.09	9.95	288	0.03	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	0.48
13	36.12	30	1.20	13.67	288	0.05	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	1.61
14	30.80	30	1.03	13.23	288	0.05	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	1.43
15	11.88	30	0.40	16.85	288	0.06	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	0.81
16	0.62	30	0.02	7.08	288	0.02	5	21	0.24	16	16	5	42	0.12	0.40

Tabel 6. Waktu Kembali Pekerjaan Pengangkatan Besi d22 *Tower crane* Letak Awal

No	Waktu Kembali														Total Waktu Kembali (menit)	
	Waktu Tempuh Vertikal			Waktu Tempuh Rotasi			Waktu Horizontal			Waktu Tempuh Landing						
	h (m)	Vv (m/menit)	Tha (mnt)	$\alpha$ (°)	Vr (°/mnt)	Trk (mnt)	d (m)	Vh (m/mnt)	Th (mnt)	hp (m)	hs (m)	ht (m)	Vv (m/mnt)	h (mnt)		Tva (mnt)
1	2.00	85	0.02	39.66	288	0.14	8.93	60	0.15	2	16	0	42	18	0.43	1.14
2	2.00	85	0.02	41.36	288	0.14	8.60	60	0.14	2	16	0	42	18	0.43	1.14
3	2.00	85	0.02	57.17	288	0.20	72.83	60	1.21	2	16	0	42	18	0.43	1.26
4	2.00	85	0.02	54.90	288	0.19	72.35	60	1.21	2	16	0	42	18	0.43	2.25
5	2.00	85	0.02	10.41	288	0.04	32.94	60	0.55	2	16	0	42	18	0.43	1.04
6	2.00	85	0.02	12.05	288	0.04	40.71	60	0.68	2	16	0	42	18	0.43	1.17
7	2.00	85	0.02	39.93	288	0.14	4.42	60	0.07	2	16	0	42	18	0.43	1.06
8	2.00	85	0.02	41.72	288	0.14	4.70	60	0.08	2	16	0	42	18	0.43	1.08
9	5.00	85	0.06	14.27	288	0.05	20.80	60	0.35	5	16	16	42	5	0.12	0.57
10	5.00	85	0.06	5.48	288	0.02	22.03	60	0.37	5	16	16	42	5	0.12	0.56
12	5.00	85	0.06	9.95	288	0.03	2.75	60	0.05	5	16	16	42	5	0.12	0.26
13	5.00	85	0.06	13.67	288	0.05	36.12	60	0.60	5	16	16	42	5	0.12	1.23
14	5.00	85	0.06	13.23	288	0.05	30.80	60	0.51	5	16	16	42	5	0.12	1.14
15	5.00	85	0.06	16.85	288	0.06	11.88	60	0.20	5	16	16	42	5	0.12	0.43
16	5.00	85	0.06	7.08	288	0.02	0.62	60	0.01	5	16	16	42	5	0.12	4.00

Tabel 7. Waktu Kembali Pekerjaan Pengangkatan Besi d22 *Tower Crane*  
Letak Awal

Waktu Ikat	Waktu Siklus			Total (menit)
	Waktu Angkat	Waktu Lepas	Waktu Kembali	
1.20	1.36	0.20	1.14	4.30

Tabel 8. Waktu Siklus *Tower Crane* Letak Awal Setiap Pekerjaan Tanggal 12  
Juli 2020

No	Kegiatan	Waktu Siklus				Total (menit)
		Waktu Ikat	Waktu Angkat	Waktu Lepas	Waktu Kembali	
1	besi d22	1.20	1.36	0.20	1.14	4.30
2	besi d22	0.38	1.35	0.15	1.14	3.42
3	besi hollow	1.26	3.36	0.55	1.26	7.23
4	U head	0.10	3.13	0.45	2.25	6.33
5	U head	1.17	2.06	1.28	1.04	5.55
6	Tulangan Kolom	0.29	2.32	1.03	1.17	5.21
7	besi d22	0.51	1.21	0.49	1.06	4.17
8	besi d22	0.55	1.23	0.36	1.08	3.59
9	bekisting knockdown	0.45	1.10	0.56	0.57	3.58
10	bekisting knockdown	1.02	1.11	1.01	0.56	4.07
11	bekisting knockdown	1.10	0.56	1.12	0.31	3.49
12	bekisting knockdown	0.55	0.48	1.16	0.26	3.25
13	bekisting knockdown	1.05	2.01	1.22	1.23	5.51
14	bekisting knockdown	1.03	1.43	1.28	1.14	5.28
15	bekisting knockdown	1.12	1.21	1.22	0.43	4.38
16	bekisting knockdown	1.02	0.40	1.31	4.00	3.34
<b>Total Waktu Siklus</b>						78.20

## 2. *Tower Crane* Letak Baru

Menghitung waktu siklus *tower crane* letak baru sama dengan menghitung *tower crane* letak awal. Koordinat *tower crane* yang awal diganti dengan koordinat *tower crane* yang baru dan semua variabel tetap. Setelah dilakukan analisa yang sama dengan *tower crane* awal maka didapat hasil waktu siklus rekap sebagai berikut:

Tabel 9. Waktu siklus *Tower Crane* Letak Baru Setiap Pekerjaan Tanggal 12 Juli 2020

No	Kegiatan	Waktu Siklus				Total (menit)
		Waktu Ikat	Waktu Angkat	Waktu Lepas	Waktu Kembali	
1	besi d22	1.20	2.35	0.20	1.14	5.29
2	besi d22	0.38	2.39	0.15	1.14	4.46
3	besi hollow	1.26	6.01	0.55	1.00	9.22
4	U head	0.10	11.24	0.45	1.35	13.54
5	U head	1.17	2.09	1.28	1.52	7.46
6	Tulangan Kolom	0.29	1.58	1.03	2.-5	3.38
7	besi d22	0.51	2.06	0.49	1.26	5.13
8	besi d22	0.55	2.08	0.36	1.28	5.16
9	bekisting knockdown	0.45	2.04	0.56	1.22	5.06
10	bekisting knockdown	1.02	1.52	1.01	1.02	4.34
11	bekisting knockdown	1.10	1.52	1.12	1.12	5.26
12	bekisting knockdown	0.55	3.54	1.16	0.39	6.04
13	bekisting knockdown	1.05	3.20	1.22	0.50	6.37
14	bekisting knockdown	1.03	1.55	1.28	1.24	5.10
15	bekisting knockdown	1.12	1.42	1.22	1.08	4.30
16	bekisting knockdown	1.02	4.01	1.31	0.35	6.16
<b>Total Waktu Siklus</b>						<b>96.27</b>

Setelah dilakukan analisa *tower crane* letak awal dengan *tower crane* letak baru selama 5 hari yaitu tanggal 12 Juli 2020, 13 Juli 2020, 15 Juli 2020, 16 Juli 2020, dan 18 Juli 2020, terdapat perbedaan waktu siklus seperti yang terdapat dalam tabel 10 berikut:

Tabel 10. Perbandingan Waktu Siklus Analisa *Tower crane*

No	Tanggal	Waktu Siklus Analisa Tower Crane Letak Awal (jam/hari)	Waktu Siklus Analisa Tower Crane Letak Baru (jam/hari)
1	12 Juli 2020	1.18	1.36
2	13 Juli 2020	1.27	1.07
3	15 Juli 2020	2.45	1.34
4	16 Juli 2020	0.51	1.08
5	18 Juli 2020	1.25	1.01
	<b>Total</b>	<b>7.46</b>	<b>6.26</b>
	<b>Rata-rata Waktu siklus perhari</b>	<b>1.492</b>	<b>1.252</b>

### Perbandingan Produktivitas *Tower Crane*

#### 1. Produktivitas *Tower crane* Letak Awal

Rumus untuk mencari produktivitas harian *tower crane* adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas TC harian} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

$$\text{Produktivitas TC tanggal 12 Juli 2020} = \frac{14545}{1.18}$$

$$\text{Produktivitas TC tanggal 12 Juli 2020} = 12326,27 \text{ kg/jam}$$

Produktivitas pengangkatan harian *tower crane* letak awal selama observasi akan terdapat pada tabel 11.

Tabel 11. Produktivitas *Tower Crane* Letak Awal

No	Tanggal	Beban (kg)	Waktu Siklus (jam)
1	12 Juli 2020	14545	1.18
2	13 Juli 2020	12367	1.27
3	15 Juli 2020	23610	2.45
4	16 Juli 2020	6242	0.51
5	18 Juli 2020	21230	1.25
	<b>Total</b>	77993	7.46
	<b>Total produktivitas (kg/jam)</b>		10454.83

#### 2. Produktivitas *Tower Crane* Letak Baru

Rumus untuk mencari produktivitas harian *tower crane* adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas TC harian} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

$$\text{Produktivitas TC tanggal 12 Juli 2020} = \frac{14545}{1.36}$$

$$\text{Produktivitas TC tanggal 12 Juli 2020} = 10694,85 \text{ kg/jam}$$

Produktivitas pengangkatan harian *tower crane* letak baru selama observasi akan terdapat pada tabel 12.

Tabel 12. Produktivitas *Tower Crane* Letak Baru

No	Tanggal	Beban (kg)	Waktu Siklus (jam)
1	12 Juli 2020	14545	1.36
2	13 Juli 2020	12367	1.07
3	15 Juli 2020	23610	1.34
4	16 Juli 2020	6242	1.08
5	18 Juli 2020	21230	1.01
	<b>Total</b>	77994	6.26
	<b>Total produktivitas (kg/jam)</b>		12459.11

Karena adanya perbedaan waktu siklus maka terdapat perbedaan produktivitas antara *tower crane* letak awal dengan *tower crane* letak baru seperti pada tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan Produktivitas *Tower Crane*

No	Tower Crane	Produktivitas (kg/jam)
1	Tower Crane Letak Awal	10454.83
2	Tower Crane Letak Baru	12459.11

### Perbandingan Biaya *Tower Crane*

Perhitungan biaya penggunaan *tower crane* membutuhkan beberapa data spesifikasi. Biaya penggunaan *tower crane* dihitung dalam satuan rupiah/jam. Berikut adalah data yang diperlukan untuk perhitungan biaya penggunaan *tower crane* sebagaimana dapat dilihat pada tabel 14.

Tabel 14. Perbandingan Produktivitas *Tower Crane*

No	Uraian	Spesifikasi	Satuan
1	Tingkat suku bunga (I)	10%	Tahun
2	Harga alat Baru (B)	Rp.1.765.680.000	Unit
3	Umur Pemakaian Alat (A)	10	Tahun
4	Upah Operator	Rp.9.000.000	Bulan
5	Harga Solar (Ms)	Rp.10.504	Liter
6	Harga Minyak Pelumas	Rp.44.000	Liter
7	Jam Kerja dalam Satu Tahun	2376	Tahun
8	Tenaga Mesin	51.5	KWh
9	Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi	Rp.50.000.000	Unit
10	Harga Genset	Rp.23.000.000	Bulan
11	Pondasi Tower Crane + Angkur	Rp.135.000.000	Unit
12	Erection dan Dismantle	Rp.50.000.000	Unit
13	Operator	Rp.9.000.000	Bulan
14	Concrete Bucket	Rp.2.500.000	Unit
15	Sewa Genset	Rp.23.000.000	Unit/bulan
16	Durasi Penyewaan	120	Hari

Biaya Bahan Bakar

Kebutuhan bahan bakar = FOM x FW xPBB x PK

Di mana:

FOM = Faktor operasi mesin = 0,8 (asumsi mesin bekerja optimal 80 %)

FW = Faktor waktu = 0,83 (dengan asumsi kerja 50 menit/jam)

PBB = Pemakaian bahan bakar untuk pemakaian solar  
= 0,2 liter/DK/jam

PK = Kekuatan mesin = 51,5 kW

Maka:

Kebutuhan bahan bakar =  $0.8 \times 0.83 \times 0.2 \times 51.5 = 6,839$  liter/jam

Biaya bahan bakar = Kebutuhan x harga bahan bakar/liter

=  $6,839$  liter/jam x Rp.10,504

= Rp.71.836,86/jam

Biaya Pelumas

Untuk mencari biaya pelumas yang digunakan:

$$I = \frac{DK \times f}{195.5} + \frac{c}{t} \left( \frac{\text{liter}}{\text{jam}} \right) \times Mp$$

$$I = \frac{51.5 \times 0.664}{195.5} + \frac{200}{42}$$

$$I = 4.9368 \text{ liter/jam}$$

Biaya pemakaian minyak pelumas:

$$= 4,9368 \text{ liter/jam} \times \text{Rp.}44.000/\text{liter}$$

$$= \text{Rp.}217.219,2/\text{jam}$$

Karena *tower crane* yang digunakan untuk letak awal dan letak *tower crane* adalah *tower crane* yang sama, maka untuk biaya penyewaan dan biaya operator tidak terdapat perbedaan. Maka penulis meninjau perbedaan biaya dari segi biaya operasional yaitu biaya bahan bakar dan biaya pelumas yang dihitung berdasarkan rata-rata waktu siklus per hari *tower crane* letak awal dengan *tower crane* letak baru.

1. Biaya Operasional *Tower Crane* Letak Awal

Berdasarkan tabel 10 rata-rata waktu siklus *tower crane* dalam satu hari adalah 1,492 jam/hari. Maka dalam durasi penyewaan 120 hari, total penggunaan *tower crane* = 1,492 jam/hari x 120 = 179,04 jam. Perhitungannya dimasukkan ke dalam tabel.

2. Biaya Operasional *Tower Crane* Letak Baru

Berdasarkan tabel 10 rata-rata waktu siklus *tower crane* dalam satu hari adalah 1,252 jam/hari. Maka dalam durasi penyewaan 120 hari, total penggunaan *tower crane* = 1,252 jam/hari x 120 = 150,24 jam. Perhitungannya dimasukkan ke dalam tabel.

Setelah dihitung dan dimasukkan ke dalam perhitungan tabel di mana biaya operasional dihitung sesuai jam penyewaan maka diperoleh perbandingan biaya *tower crane* sebagai berikut:

No	Tower Crane	Biaya Operasional Tower Crane	
1	Tower Crane Letak Awal	Rp	716,042,746.67
2	Tower Crane Letak Baru	Rp	707,717,932.25
	<b>Selisih Biaya</b>	Rp	8,324,814.42

### Faktor Keamanan *Tower Crane*

Dikarenakan *tower crane* yang terletak di proyek tidak dapat menjangkau area proyek, maka ada beberapa pekerjaan yang dilakukan secara manual seperti pemasangan dan pengecoran kolom yang menggunakan talang. Pada pemasangan kolom secara manual, resiko kecelakaan kerja lebih besar karena dilakukan oleh pekerja yang hanya menggunakan *body harness*. Sedangkan apabila pemasangan kolom dilakukan dengan menggunakan *tower crane*, maka resiko kecelakaan kerja tidak akan terjadi. Maka untuk mengurangi resiko kecelakaan kerja pada proyek maka dianalisa letak *tower crane* yang dapat menjangkau seluaruh area proyek.

**SIMPULAN** Berdasarkan hasil analisa perhitungan, maka diperoleh hasil waktu siklus *tower crane* letak baru lebih efisien daripada letak awal *tower crane*. Selisih waktu siklus *tower crane* adalah sebesar 0,25 jam. Produktivitas *tower crane* letak baru lebih besar daripada produktivitas *tower crane* letak awal. Selisih produktivitas *tower crane* adalah 2004,28 kg/jam. Biaya *tower crane* letak baru lebih murah dibandingkan biaya *tower crane* letak awal dengan selisih biaya sebesar Rp. 8,324,814.42 serta letak *tower crane* baru lebih aman dibandingkan letak *tower crane* awal karna seluruh pekerjaan sudah bisa dijangkau oleh *tower crane* sehingga kecelakaan kerja lebih sedikit.

### Saran

Untuk penempatan *tower crane* seharusnya ditempatkan di daerah yang mencakup seluruh area proyek agar tidak ada pekerjaan yang seharusnya dapat dikerjakan *tower crane* dilakukan secara manual agar tidak terjadi resiko kecelakaan kerja. Untuk dapat mempercepat waktu penggunaan, sebaiknya dilakukan komunikasi yang baik antara pekerja dengan operator *tower crane* agar material yang akan diangkut dan tujuan material jelas dan alam

pengangkutan material, harus diperhatikan daya angkat material, agar tidak terjadi kerusakan pada *tower crane*.

- RUJUKAN**
- Ahmad, A. I. (2012). Analisa Produktivitas dan Biaya Operasional Tower Crane pada Proyek Puncak Central Bussines District Surabaya. Universitas Negeri Surabaya.
- Pagassang, J. (2018). Analisa Optimasi Penempatan dan Pengadaan Tower Crane pada Proyek Highrise Building. Universitas Tarumanegara.
- Husen, A. (2011). Manajemen Proyek. Serpong: CV. Andi Offset.
- Kholil, A. (2012). Alat Berat. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Lee, D., et. al. (2011). Analysis of Operation Efficiency Of Tower Crane In Form Work Construction For Multi-Family Housing. 1225-127.
- Rochmanhadi. (1985). Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan dengan Menggunakan Alat-alat Berat. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Angelina, E. (2019). Analisis Penggunaan Tower Crane berdasarkan Efektivitas Waktu, Produktivitas dan Biaya Operasional pada Proyek The Support of Development of the Islamic Higher Education. Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Gedung. Politeknik Negeri Medan.