

BAB V

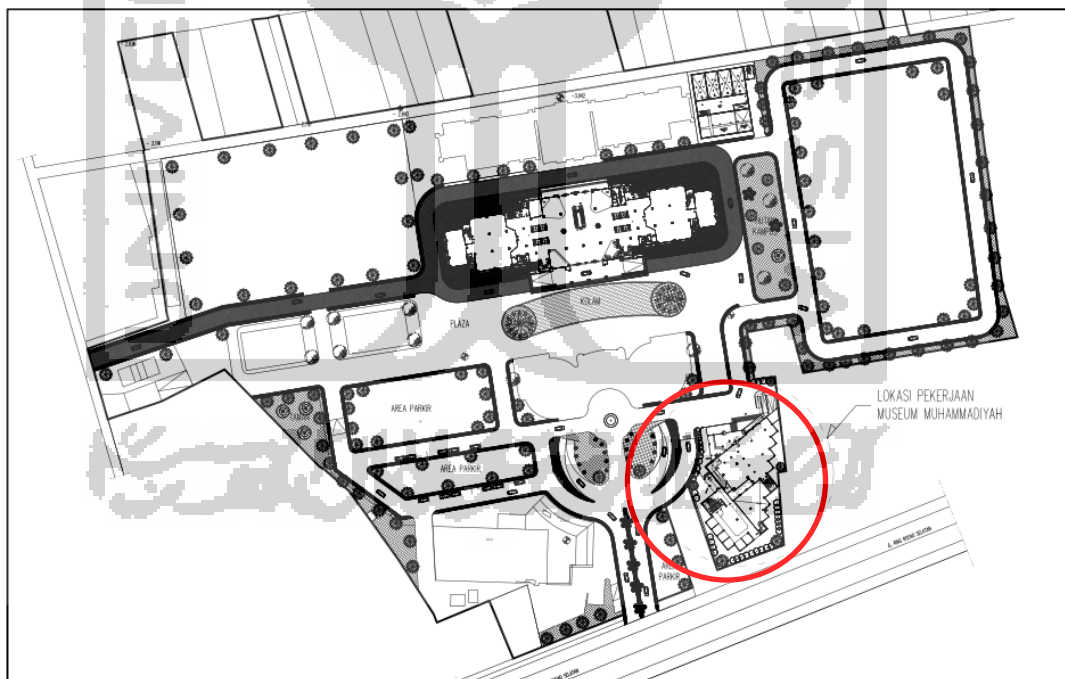
PEMBAHASAN

5.1 Data Proyek

Data proyek berisi mengenai semua data yang berhasil dikumpulkan selama penelitian. Data-data proyek tersebut akan dijelaskan pada bagian dibawah ini.

5.1.1 Lokasi Proyek

Proyek pembangunan dilaksanakan dalam kawasan Kampus Universitas Ahmad Dahlan di Jalan Ahmad Yani (*Ring Road Selatan*) Yogyakarta. Lokasi pelaksanaan proyek dalam rencana kawasan ditunjukkan oleh Gambar 5.1.



(Sumber: Dokumentasi Proyek Pembangunan Museum Muhammadiyah, 2018)

Gambar 5.1 Lokasi Proyek dalam *Master Plan* Kawasan

Seperti tampak pada Gambar 5.1 bahwa proyek berbatasan dengan beberapa area dan bangunan sebagai berikut:

1. Selatan : Jalan Ahmad Yani.
2. Barat : Masjid Kampus Universitas Ahmad Dahlan.
3. Utara : Jalan komplek Universitas.
4. Timur : Pemukiman penduduk.

5.1.2 Data Awal Proyek

Data Proyek Pembangunan Museum Muhammadiyah di Yogyakarta adalah sebagai berikut:

1. Proyek : Pembangunan Museum Muhammadiyah di Yogyakarta.
2. Alamat : Jalan Ahmad Yani (*Ring Road* Selatan) Yogyakarta.
3. Pemilik : Muhammadiyah.
4. Periode : 2018 – 2019.
5. Luas : 158.400 m².
6. Jumlah Lantai : 5 Lantai (elevasi 19,95 meter).

5.1.3 Data Alat Berat

Dalam Proyek Pembangunan Museum Muhammadiyah di Yogyakarta digunakan *tower crane* Potain FO/23B dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Nama Alat : *Tower crane*.
2. Merk : POTAIN.
3. Type/model : FO/23B.
4. Buatan : Perancis.
5. Tahun pembuatan : 2015.
6. Kapasitas : 4,4 ton (radius 30 m), 2,3 ton (radius 50 m).
7. Umur ekonomis : 5 tahun.
8. Harga alat : Kisaran Rp 4 Milyar.

Sebagai pembandingnya digunakan *tower crane* dari merk XCMG yang memiliki data sebagai berikut:

1. Nama Alat : *Tower crane*.
2. Merk : XCMG.
3. Type/model : FO/23B.
4. Buatan : China.
5. Kapasitas : *max load* 10 ton dan *tip load* 2,3 ton.
6. Umur ekonomis : 5 tahun.
7. Harga alat : Kisaran Rp 2 Milyar.

5.1.4 *Tower crane*

Tower crane Potain FO/23B yang ada di lapangan, digunakan untuk memindahkan material yang digunakan dalam pekerjaan pembangunan bangunan gedung. Material tersebut antara lain: papan kayu bekisting, logam pembesian, beton segar, *bucket cor*, keperluan alat proyek, dan lain-lain. Karena adanya keterbatasan pengukuran berat di lapangan yaitu tidak dilakukannya penimbangan material yang diangkut, berat material diperkirakan dengan melakukan perhitungan berat pada struktur yang dikerjakan. Posisi *tower crane* terletak pada koordinat C4, yang bertanda silang, pada gambar desain bangunan. Posisi tersebut diilustrasikan seperti tampak pada Gambar 5.2.

5.1.5 Data Waktu Siklus

Data waktu siklus *tower crane* Potain FO/23B di lapangan yang berhasil dihimpun selama penelitian berlangsung dapat dilihat pada Lampiran 1. Data waktu siklus *tower crane* XCMG FO/23B alternatif yang berhasil disimulasikan dapat dilihat pada Lampiran 2. Rekapitulasi data waktu siklus *tower crane* Potain dan XCMG dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Data Waktu Siklus (lanjutan)

No	Tanggal	Waktu Siklus (dtk)	
		Potain	XCMG
12	13-Nov-18	2.341	2.337
13	14-Nov-18	2.691	2.700
14	15-Nov-18	1.980	1.984
15	16-Nov-18	3.660	3.695
16	19-Nov-18	2.825	2.913

5.1.6 Data Jarak Perpindahan Material

Data jarak perpindahan material digunakan untuk melakukan perhitungan menentukan waktu siklus simulasi *tower crane* XCMG FO/23B alternatif. Dari pengkajian data yang diperoleh dari gambar desain bangunan, diperoleh data jarak perpindahan material seperti tampak pada Lampiran 3. Rekapitulasi data jarak perpindahan material pada kedua *tower crane* dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Pengukuran di Gambar Proyek

No	Tanggal	Total pengukuran		
		Elevasi (m)	Sudut (°)	Jarak (cm)
1	29-Oct-18	25,20	244	15,00
2	30-Oct-18	50,40	510	29,80
3	31-Oct-18	86,10	891	52,40
4	1-Nov-18	88,15	933	52,10
5	2-Nov-18	111,10	1226	68,30
6	5-Nov-18	87,90	750	47,40
7	6-Nov-18	102,55	894	55,00
8	7-Nov-18	102,55	911	56,40
9	8-Nov-18	131,85	1190	68,90
10	9-Nov-18	117,20	1159	64,80
11	12-Nov-18	131,85	1428	49,10
12	13-Nov-18	87,90	960	34,70
13	14-Nov-18	90,05	1094	36,40
14	15-Nov-18	52,35	616	21,10

Tabel 5.2 Rekapitulasi Data Pengukuran di Gambar Proyek (lanjutan)

No	Tanggal	Total pengukuran		
		Elevasi (m)	Sudut (°)	Jarak (cm)
15	16-Nov-18	85,95	1246	50,30
16	19-Nov-18	73,25	785	38,00

5.2 Perbandingan Spesifikasi *Tower crane*

Tower crane yang digunakan di lapangan merupakan tipe Potain FO/23B dengan panjang lengan/*jip* sebesar 50 meter. Sedangkan, sebagai alternatif digunakan *tower crane* tipe XCMG FO/23B dengan panjang lengan yang sama yaitu 50 meter. Adapun spesifikasi kedua *tower crane* tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.3. Detail spesifikasi *tower crane* dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 5.3 Spesifikasi *Tower crane*

No	Item	Unit Satuan	Tipe <i>Tower crane</i>	
			Potain FO/23B	XCMG FO/23B
1	Kapasitas mesin	kW	56,00	51,50
2	Kecepatan mengangkat (<i>hoist</i>)	m/dtk	0,53	0,83
3	Kecepatan berputar (<i>slewing</i>)	radian/s	0,08	0,07
4	Kecepatan bergeser (<i>trolley</i>)	m/dtk	0,50	0,42
5	Lengan	m	50,00	50,00

(Sumber: Dokumen Spek Potain & XCMG)

Pada Tabel 5.1 baris kedua pada item kapasitas mesin, besaran dinyatakan dalam satuan kW. Dalam satuan internasional (SI), satuan daya adalah *watt* atau setara dengan *Joule* per detik (J/det). Daya listrik juga dinyatakan dalam *watt* (W) atau *kilowatt* (kW). Konversi antara satuan HP dan *watt* dinyatakan dalam rumus :

$$1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1,34 \text{ HP.}$$

Dengan demikian, kapasitas mesin pada *tower crane* tersebut jika dinyatakan dalam satuan HP, perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas TC Potain} = 1,34 \text{ HP/kW} \times 56,00 \text{ kW} = 75,04 \text{ HP.}$$

$$\text{Kapasitas TC XCMG} = 1,34 \text{ HP/kW} \times 51,50 \text{ kW} = 69,01 \text{ HP.}$$

Berdasarkan pada Tabel 5.1, terlihat perbandingan spesifikasi *tower crane* Potain FO/23B di lapangan dengan *tower crane* XCMG FO/23B alternatif. Keduanya memiliki panjang lengan yang sama sebesar 50 meter. Akan tetapi keduanya memiliki perbedaan dalam hal besarnya kapasitas mesin penggerak, kecepatan pengangkatan/*hoist*, kecepatan memutar/*slewing* dan kecepatan menggeser/*trolley*. Daya motor pada Potain FO/23B memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan XCMG FO/23B. Dengan daya motor yang lebih besar, kekuatan *tower crane* akan semakin besar pula.

5.3 Siklus *Tower crane*

Waktu siklus *tower crane* merupakan waktu yang diperlukan *tower crane* untuk memindahkan material proyek mulai dari pemasangan material sampai dengan kembali lagi ke posisi pengambilan material seperti semula. Waktu siklus memiliki beberapa tahapan pekerjaan. Tahapan tersebut adalah dimulai dari pemasangan material pada pengait *tower crane*. Pemasangan dilakukan oleh pekerja proyek. setelah itu, material diangkat keatas menuju ketinggian yang sesuai dengan elevasi lokasi tujuan material akan diturunkan. Waktu yang diperlukan untuk proses pengangkatan ini disebut dengan waktu angkat (*hoist time*). Karena posisi *tower crane* tidak selalu menghadap ke arah lokasi tujuan, jib akan diputar kearah lokasi tujuan. Waktu yang dibutuhkan untuk memutar jib mengarah ke lokasi tujuan disebut waktu putar (*slewing time*).

Setelah *jib* sudah mengarah ke lokasi tujuan, *trolley* pada *tower crane* akan digeser tepat berada diatas lokasi penurunan material. Waktu yang diperlukan untuk menggeser *trolley* menuju sasaran disebut dengan waktu geser (*trolley time*). Tidak sampai disini, hook block pada *tower crane* harus diturunkan tepat di lokasi tujuan hingga material dapat dilakukan pembongkaran. Waktu turun (*landing time*) adalah waktu yang diperlukan untuk menurunkan hook block ke

lokasi tujuan. Sesuai dengan perintah, material selanjutnya dibongkar dari pengait *hock block*. Setelah pembongkaran selesai, jib *tower crane* akan menuju ke posisi semula untuk mengambil kembali material yang akan diangkat pada siklus selanjutnya.

Waktu siklus yang dibutuhkan setiap material berbeda-beda tergantung pada tingkat kesulitan pemasangan material, jarak dan ketinggian yang ditempuh jib *tower crane*, dan berat muatan *tower crane*. Data pengangkatan material *tower crane* dapat dilihat pada Lampiran 1.

5.4 Produktivitas *Tower crane*

5.4.1 Produktivitas *Tower crane* Potain FO/23B

5.4.1.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan menunjukkan banyaknya berat material yang berhasil dipindahkan oleh *tower crane* dari titik awal menuju ke titik tujuan. Terdapat beraneka macam material yang dipindahkan oleh *tower crane*. Material yang diangkat *tower crane* meliputi: beton segar, *bucket cor*, bekisting, besi tulangan plat, besi tulangan kolom, besi tulangan balok. Berikut disajikan contoh kasus perhitungan pada tanggal 15 November 2018.

Pengangkatan ke-1:

Pekerjaan = Pemindahan Papan Kayu Bekisting untuk Kolom K550×550 (Data gambar pada Lampiran 10).

Material = Papan kayu bekisting.

Perhitungan :

Struktur = K550×550 (Data gambar pada Lampiran 10).

Luas permukaan struktur = $4 \times 4 \text{ m} \times 0,55 \text{ m} = 8,8 \text{ m}^2$.

Dengan menggunakan Ukuran papan bekisting (Ahadi, 2011) :

- Panjang = 2 m.

- Lebar = 0,2 m
- Tebal = 0,025 m

Luas papan bekisting = $2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} = 0,4 \text{ m}^2$.

Volume papan bekisting = $2 \text{ m} \times 0,2 \text{ m} \times 0,025 \text{ m} = 0,01 \text{ m}^3$.

Berat jenis kayu = 1000 kg/m^3 (Ahadi, 2011).

Berat per papan = $0,01 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 10 \text{ kg}$.

Kebutuhan papan = $L_{\text{struktur}} \div L_{\text{papan}} = 8,8 \div 0,4 = 22 \text{ lbr}$

Berat keseluruhan = $22 \times 10 \text{ kg} = 220 \text{ kg}$.

Pada pekerjaan ini terdapat 3 tiang kolom yang dikerjakan, sehingga total keseluruhan berat = $3 \times 220 \text{ kg} = 660 \text{ kg}$.

Pengangkatan ke-2:

Pekerjaan = Pemandahan Tulangan Plat Miring (*Ramp*) bagian barat.

Material = Besi tulangan sudah tersusun.

Perhitungan :

Struktur = P120.

Luas struktur = $p_{\text{sisi miring}} \times l = 8,07 \text{ m} \times 3,75 \text{ m} = 30,23 \text{ m}^2$.

Berat tulangan per $\text{m}^2 = 4,17 \text{ kg/m}^2$.

Berat tulangan total = $1,5 \times 4,17 \text{ kg/m}^2 \times 30,23 \text{ m}^2 = 189,259 \text{ kg}$.

Terdapat dua lapis tulangan *wiremesh*, sehingga total beratnya adalah $2 \times 189,259 \text{ kg} = 378,519 \text{ kg}$.

Pengangkatan ke-3:

Pekerjaan : Pengecoran B300×400 (dengan *bucket cor*).

Bucket cor merupakan alat untuk mengangkut beton segar yang siap untuk dilakukan pengecoran. Pada pekerjaan ini dilakukan pengecoran pada struktur balok ukuran 300×400. *Bucket cor* dan beton segar diangkut

bersama-sama oleh *tower crane*.

Material : Beton Segar (beton yang masih lembek siap untuk dilakukan pengecoran).

Perhitungan :

Struktur = B300×400.

Dimensi struktur :

- Panjang = 4,0 m.

- Lebar = 0,3 m.

- Tebal = 0,4 m.

Volume = $4 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} = 0,48 \text{ m}^3$.

Berat jenis beton segar = 2325 kg/m^3 (BSN, 2007).

Berat per struktur = $0,48 \text{ m}^3 \times 2325 \text{ kg/m}^3 = 1116 \text{ kg}$.

Terdapat 3 struktur, sehingga berat total = $3 \times 1116 \text{ kg} = 3348 \text{ kg}$.

Berat *bucket cor* = 400 kg.

Kapasitas *bucket cor* = 1860 kg (maks).

Berat pengangkatan ke-3 = $1860 \text{ kg} + 400 \text{ kg} = 2260 \text{ kg}$.

Berat pengangkatan ke-4 = $(3348 \text{ kg} - 1860 \text{ kg}) + 400 \text{ kg} = 1888 \text{ kg}$.

Total Pengangkatan harian

= pengangkatan ke-1 + pengangkatan ke-2 + pengangkatan ke-3 +
pengangkatan ke-4

= $660 \text{ kg} + 378,52 \text{ kg} + 2260 \text{ kg} + 1888 \text{ kg} = 5186,52 \text{ kg}$.

Data rekapitulasi volume pekerjaan selama 16 hari pengamatan yang diperoleh ditunjukkan oleh Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Volume Pekerjaan

No	Tanggal	Volume (kg)
1	29-Oct-18	800,00
2	30-Oct-18	1.205,16
3	31-Oct-18	12.111,36
4	1-Nov-18	11.150,31
5	2-Nov-18	11.040,44
6	5-Nov-18	4.746,65
7	6-Nov-18	5.076,65
8	7-Nov-18	5.667,68
9	8-Nov-18	11.739,43
10	9-Nov-18	11.342,87
11	12-Nov-18	11.038,40
12	13-Nov-18	4.746,65
13	14-Nov-18	5.221,49
14	15-Nov-18	5.186,52
15	16-Nov-18	11.301,47
16	19-Nov-18	10.439,75

Dari hasil penelitian pada *tower crane* Potain FO/23B dapat diketahui bahwa volume pengangkatan material yang paling besar pada tanggal 8 November 2018 dengan volume pengangkatan sebesar 11.739,00 kg dan volume pengangkatan terkecil terjadi pada tanggal 29 Oktober 2018 dengan volume pengangkatan sebesar 800 kg. Rata-rata volume pengangkatan material dalam 16 hari pengamatan sebesar 7.675,93 kg.

5.4.1.2 Perhitungan waktu siklus pengangkutan

Adapun waktu siklus untuk pengangkatan material pada tanggal 15 November 2018 pada *tower crane* Potain di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Waktu Siklus pada Potain (15 November 2018)

	Kegiatan	Durasi	Task Force
Siklus 1	Pemasangan	187	Pengangkatan Papan Kayu Bekisting
	Angkat	30	
	Putar	34	
	Geser	48	
	Turun	3	
	Bongkar	112	
	Kembali	138	
	Jumlah	552	
Siklus 2	Pemasangan	74	Pengangkatan Besi Tulangan
	Angkat	22	
	Putar	34	
	Geser	34	
	Turun	4	
	Bongkar	90	
	Kembali	59	
	Jumlah	317	
Siklus 3	Pemasangan	165	Pengangkatan Beton segar dan bucket cor (pengecoran struktur)
	Angkat	35	
	Putar	33	
	Geser	26	
	Turun	3	
	Bongkar	129	
	Kembali	142	
	Jumlah	533	
Siklus 4	Pemasangan	178	Pengangkatan Beton segar dan
	Angkat	37	
	Putar	34	
	Geser	27	

Tabel 5.5 Waktu Siklus pada Potain (lanjutan)

	Kegiatan	Durasi	Task Force
	Turun	4	bucket cor (pengecoran struktur)
	Bongkar	141	
	Kembali	160	
	Jumlah	581	
Total		1980	

Rekapitulasi waktu pengangkutan material dari titik awal (*supply point*) menuju lokasi penurunan (*demand point*) material selama 16 hari pengamatan ditunjukkan oleh Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Waktu Pengangkutan Material

No	Tanggal	Waktu Siklus (dtk)
1	29-Oct-18	653,43
2	30-Oct-18	1.423,61
3	31-Oct-18	2.424,22
4	1-Nov-18	2.461,79
5	2-Nov-18	3.235,83
6	5-Nov-18	1.985,05
7	6-Nov-18	2.436,27
8	7-Nov-18	2.352,14
9	8-Nov-18	3.965,14
10	9-Nov-18	4.030,72
11	12-Nov-18	4.049,01
12	13-Nov-18	2.340,97
13	14-Nov-18	2.691,24
14	15-Nov-18	1.980,48
15	16-Nov-18	3.660,43
16	19-Nov-18	2.824,51

5.4.1.3 Perhitungan Produktivitas Tower crane

Adapun contoh perhitungan waktu produktivitas *tower crane* tanggal 15

November 2018 dengan perhitungan sebagai berikut:

Volume harian = 5186,52 kg

Total waktu siklus = 1980,48 detik

Produktivitas *tower crane* harian:

Produktivitas = berat material/waktu siklus

= 5186,52 kg / 1980,48 detik

= 2,62 kg/detik = 9.427,75 kg/jam.

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Rekapitulasi Produktivitas Potain FO/23B

No	Tanggal	Produktivitas (kg/jam)
1	29-Oct-18	4.407,51
2	30-Oct-18	3.047,60
3	31-Oct-18	17.985,54
4	1-Nov-18	16.305,66
5	2-Nov-18	12.282,98
6	5-Nov-18	8.608,33
7	6-Nov-18	7.501,60
8	7-Nov-18	8.674,50
9	8-Nov-18	10.658,37
10	9-Nov-18	10.130,79
11	12-Nov-18	9.814,30
12	13-Nov-18	7.299,50
13	14-Nov-18	6.984,65
14	15-Nov-18	9.427,75

Tabel 5.7 Rekapitulasi Produktivitas Potain FO/23B (lanjutan)

No	Tanggal	Produktivitas (kg/jam)
15	16-Nov-18	11.114,88
16	19-Nov-18	13.306,04
	Jumlah	157.549,99

Hasil dari perhitungan analisis produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \frac{\text{Total produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \\
 &= \frac{157.549,99 \text{ kg/jam}}{16 \text{ hari}} = 9.846,87 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}
 \end{aligned}$$

5.4.2 Produktivitas *Tower crane* XCMG FO/23B

5.4.2.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Sama seperti dengan *tower crane* Potain FO/23B, material yang diangkat *tower crane* pembanding XCMG FO/23B meliputi: beton segar, *bucket cor*, bekisting, besi tulangan plat, besi tulangan kolom, besi tulangan balok. Diasumsikan volume beban yang diangkat sama antara kedua *tower crane* yang dibandingkan. Data rekapitulasi volume pekerjaan yang diperoleh ditunjukkan dalam Tabel 5.4.

5.4.2.2 Perhitungan Waktu Siklus Pemandahan

Waktu siklus *tower crane* Potain FO/23B diperoleh dari pengamatan di lapangan secara langsung. Sedangkan, untuk waktu siklus *tower crane* XCMG FO/23B alternatif diperoleh dengan membagi jarak yang ditempuh selama proses pemindahan dengan kecepatan gerakan pemindahan (*hoisting, slewing dan trolley*) seperti pada rumus 3.7, rumus 3.8 dan rumus 3.9. berikut adalah salah satu contoh perhitungan waktu siklus pada tanggal 15 November 2018.

Pengangkatan ke-1:

Waktu pemasangan = 187 detik.

Waktu angkat naik (hoist)

Jarak tempuh dihitung berdasarkan ketinggian elevasi antara *supply point* dengan titik tujuan/*demand* ditambah dengan 3 meter sebagai toleransi ketinggian agar muatan yang diangkut tidak menabrak dengan struktur yang dilewati.

Jarak tempuh vertikal = (14,65 + 3) m = 17,65 m.

Kecepatan *hoist* = 0,83 m/dtk.

Waktu *hoist* = jarak tempuh / kecepatan *hoist*
 = (17,65 m) / (0,83 m/dtk) = 21 dtk.

Waktu putar (slewing)

Jarak tempuh putar dihitung berdasarkan besarnya sudut yang terbentuk antara *supply point* dengan titik tujuan/*demand*. Jarak tempuh dinyatakan dalam satuan derajat.

Sudut pengangkatan = 157°

Kecepatan *slewing* = $4,01^{\circ}$ /dtk.

Waktu *slewing* = sudut / kecepatan *slewing*
 = $157^{\circ} / (4,01^{\circ}/\text{dtk}) = 39$ detik.

Waktu geser trolley

Jarak tempuh geser *trolley* dihitung berdasarkan jarak antara *tower crane* dengan titik *demand* dikurangi jarak antara *tower crane* dengan *supply point*. Jarak tempuh dinyatakan dalam satuan meter.

$$\begin{aligned} \text{Jarak tempuh} &= \text{pembacaan gambar} \div \text{skala} \\ &= 7,6 \div \frac{1}{4} \text{ meter} = 26,40 \text{ meter.} \end{aligned}$$

$$\text{Kecepatan trolley} = 0,42 \text{ m/dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu trolley} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan trolley} \\ &= 26,40 \text{ meter} \div (0,42 \text{ m/dtk}) \\ &= 63 \text{ detik.} \end{aligned}$$

Waktu menurunkan

Jarak tempuh dihitung berdasarkan asumsi ketinggian 3 meter yang dijadikan toleransi ketinggian agar muatan yang diangkut tidak menabrak dengan struktur yang dilewati.

$$\text{Jarak tempuh vertikal} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan turun} = 0,83 \text{ m/dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tempuh} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan hoist} \\ &= (3 \text{ m}) / (0,83 \text{ m/dtk}) \\ &= 3 \text{ dtk.} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu bongkar muatan} = 112 \text{ detik.}$$

$$\text{Waktu kembali} = 138 \text{ detik.}$$

$$\text{Total waktu siklus} = (187+21+39+63+3+112+138) \text{ detik} = 564 \text{ dtk.}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan pada waktu siklus *tower crane* XCMG ditunjukkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Waktu Siklus pada XCMG pada 15 November 2018

	Kegiatan	Durasi	Task Force
Siklus 1	Pemasangan	187	Pengangkatan Papan Kayu Bekisting
	Angkat	21	
	Putar	39	
	Geser	63	
	Turun	3	
	Bongkar	112	
	Kembali	138	
	Jumlah	564	
Siklus 2	Pemasangan	74	Pengangkatan Besi Tulangan
	Angkat	15	
	Putar	39	
	Geser	43	
	Turun	4	
	Bongkar	90	
	Kembali	59	
	Jumlah	324	
Siklus 3	Pemasangan	168	Pengangkatan Beton segar dan bucket cor (pengecoran struktur)
	Angkat	21	
	Putar	38	
	Geser	29	
	Turun	3	
	Bongkar	129	
	Kembali	142	
	Jumlah	527	
Siklus 4	Pemasangan	178	Pengangkatan Beton segar dan bucket cor
	Angkat	21	
	Putar	38	
	Geser	29	

Tabel 5.8 Waktu Siklus pada XCMG pada 15 November 2018 (lanjutan)

	Kegiatan	Durasi	Task Force
	Turun	3	(pengecoran struktur)
	Bongkar	141	
	Kembali	160	
	Jumlah	570	
Total		1980	

Rekapitulasi waktu siklus *tower crane* XCMG FO/23B alternatif untuk 16 hari ditampilkan pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Waktu Siklus *Tower crane* XCMG FO/23B

No	Tanggal	Rekap Waktu Siklus (dtk)
1	29-Oct-18	659,07
2	30-Oct-18	1.446,71
3	31-Oct-18	2.427,50
4	1-Nov-18	2.537,55
5	2-Nov-18	3.446,66
6	5-Nov-18	1.992,51
7	6-Nov-18	2.428,95
8	7-Nov-18	2.331,63
9	8-Nov-18	3.970,34
10	9-Nov-18	4.033,68
11	12-Nov-18	4.049,60
12	13-Nov-18	2.337,94
13	14-Nov-18	2.700,65
14	15-Nov-18	1.984,16
15	16-Nov-18	3.695,67
16	19-Nov-18	2.913,41
	Jumlah	42.956,02

5.4.2.3 Perhitungan Produktivitas Tower crane

Berikut adalah perhitungan waktu produktivitas *tower crane* Potain FO/23B tanggal 15 November 2018 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Volume harian} = 5.186,52 \text{ kg.}$$

$$\text{Total waktu siklus} = 1.984,16 \text{ detik.}$$

Produktivitas *tower crane* harian

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \text{Output/Input} \\ &= \text{Volume pekerjaan/waktu siklus} \\ &= 5.186,52 \text{ kg} / 1.984,16 \text{ detik} \\ &= 2,61 \text{ kg/detik} = 9.410,27 \text{ kg/jam.} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *tower crane* Potain FO/23B ditunjukkan pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Produktivitas *Tower crane* XCMG FO/23B

No	Tanggal	Rekap Produktivitas (kg/jam)
1	29-Oct-18	4.369,78
2	30-Oct-18	2.998,94
3	31-Oct-18	17.961,24
4	1-Nov-18	15.818,84
5	2-Nov-18	11.531,62
6	5-Nov-18	8.576,11
7	6-Nov-18	7.524,22
8	7-Nov-18	8.750,83
9	8-Nov-18	10.644,40
10	9-Nov-18	10.123,36
11	12-Nov-18	9.812,88

Tabel 5.10 Rekapitulasi Produktivitas *Tower crane* XCMG FO/23B (lanjutan)

No	Tanggal	Rekap Produktivitas (kg/jam)
12	13-Nov-18	7.308,97
13	14-Nov-18	6.960,32
14	15-Nov-18	9.410,27
15	16-Nov-18	11.008,92
16	19-Nov-18	12.900,03
	Jumlah	155.700,72

Hasil dari perhitungan analisis produktivitas *tower crane* Potain FO/23B adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas rata - rata} &= \frac{\text{Total produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \\ &= \frac{155.700,72}{16 \text{ hari}} = 9.731,30 \text{ kg/jam} \end{aligned}$$

5.4.3 Perbandingan Produktivitas *Tower crane* di lapangan dengan *Tower crane* Pemanding

Produktivitas *tower crane* merupakan perbandingan antara jumlah berat muatan yang mampu diangkat oleh *tower crane* dibagi dengan waktu siklus yang dibutuhkan *tower crane* untuk memindahkan muatan tersebut. Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan sebesar 9846,87 kg/jam sedangkan produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B sebesar 9731,30 kg/jam. Selisih produktivitas dari kedua *tower crane* sebesar 115,58 kg/jam. Perbandingan produktivitas *tower crane* tersebut ditunjukkan oleh Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Perbandingan Produktivitas *Tower crane*

Produktivitas TC (kg/jam)		Selisih Produktivitas	Persentase Selisih
Potain FO/23B	XCMG FO/23B		
9.846,87	9.731,30	115,58 kg/jam	1,19%

Berdasarkan pada Tabel 5.11 terlihat bahwa nilai produktivitas *tower crane* Potain FO/23B yang berada di lapangan memiliki nilai produktivitas lebih besar dibandingkan dengan produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B pembanding. *Tower crane* Potain FO/23B setiap jamnya mampu memindahkan atau mengangkut material proyek sebesar 9846,87 kg. Selisih perbedaan antara produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan dengan produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B pembanding sebesar 115,58 kg/jam. Nilai selisih ini relatif kecil yaitu bernilai 1,19% terhadap produktivitas terkecil dari kedua *tower crane*.

5.5 Kapasitas *Tower Crane*

5.5.1 Kapasitas Maksimum *Tower Crane*

Setiap *tower crane* memiliki kapasitas maksimum dalam hal pengangkatan. Hendaknya operator mengangkat beban material dibawah batas maksimumnya untuk menjaga keamanan kerja. Setiap *tower crane* memiliki kapasitas maksimum yang berbeda. Pada jarak lengan jib yang berbeda, batas maksimum pengangkatan juga memiliki nilai batas yang berbeda. Semakin jauh jarak radius pengangkatan akan semakin kecil kapasitas maksimum yang bisa diangkat oleh *tower crane*. Kapasitas pengangkatan maksimum *tower crane* Potain dan XCMG dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Kapasitas Maksimum *Tower Crane*

Radius (m)		30,0	35,0	40,0	45,0	50,0
Kapasitas maks. (kg)	Potain FO/23B	4.400	3.650	3.100	2.650	2.300
	XCMG FO/23B	4.400	3.650	3.100	2.650	2.300

5.5.2 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane*

Tower crane yang ada di lapangan bertugas mengangkat material proyek yang memiliki berat berbeda-beda untuk setiap pengangkatan. Perbedaan berat ini berbeda karena material yang diangkat memiliki jenis dan volume yang berbeda-beda. Hasil pengamatan berat material yang diangkat *tower crane* Potain FO/23B dan XCMG FO/23B dapat dilihat pada Tabel 5.13.

Tabel 5.13 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane*

No	Pekerjaan	Material	Berat (kg)	Kapasitas Maks (kg)	Radius (m)	Analisis Kapasitas
1	Pembuatan Plat 120	Papan Kayu Bekisting	400,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
2	Pembuatan Plat 120	Papan Kayu Bekisting	400,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
3	Pembuatan Plat Ramp Timur	Papan Kayu bekisting	402,42	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
4	Pembuatan Plat 120	Besi tulangan	200,16	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
5	Pembuatan Plat 120	Besi tulangan	200,16	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
6	Pembuatan Plat Ramp Timur	Papan Kayu bekisting	402,42	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
7	Pembuatan Plat Ramp Timur	Tulangan Besi	378,52	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
8	Pembuatan Plat Ramp selatan	Papan kayu bekisting	804,84	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
9	Pembuatan Plat 120	Beton segar + bucket	2260,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
10	Pembuatan Plat 120	Beton segar + bucket	2260,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
11	Pembuatan Plat 120	Beton segar + bucket	2260,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
12	Pembuatan Plat 120	Beton segar + bucket	2260,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
13	Pembuatan Plat 120	Beton segar + bucket	1888,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
14	Pembuatan Balok B300X400 I	papan Kayu bekisting	330,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
15	Pembuatan Plat Ramp selatan	Besi Tulangan	378,52	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
16	Pembuatan Plat Ramp Timur	Beton segar + bucket	2260,00	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
17	Pembuatan Plat Ramp Timur	Beton segar + bucket	2260,00	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
18	Pembuatan Plat Ramp Timur	Beton segar + bucket	2260,00	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
19	Pembuatan Plat Ramp Timur	Beton segar + bucket	2260,00	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
20	Pembuatan Plat Ramp Timur	Beton segar + bucket	1401,79	3650	33,6	Dibawah kapasitas maks
21	Pembuatan Balok B300X400 II	papan Kayu bekisting	330,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
22	Pembuatan Balok B300X400 I	Besi Tulangan	89,55	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks

Tabel 5.13 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane* (lanjutan)

No	Pekerjaan	Material	Berat (kg)	Kapasitas Maks (kg)	Radius (m)	Analisis Kapasitas
23	Pembuatan Plat Ramp selatan	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
24	Pembuatan Plat Ramp selatan	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
25	Pembuatan Plat Ramp selatan	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
26	Pembuatan Plat Ramp selatan	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
27	Pembuatan Plat Ramp selatan	Beton segar + bucket	1401,79	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
28	Pembuatan Balok B300X400 I	Besi Tulangan	89,55	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
29	Pembuatan Balok B300X400 I	Besi Tulangan	89,55	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
30	Pembuatan Balok B300X400 III	papan Kayu bekisting	330,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
31	Pembuatan Balok B300X400 II	Besi Tulangan	89,55	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
32	Pembuatan Balok B300X400 I	Beton segar + bucket	1888,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
33	Pembuatan Balok B300X400 I	Beton segar + bucket	2260,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
34	Pembuatan Balok B300X400 II	Besi Tulangan	89,55	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
35	Pembuatan Balok B300X400 II	Besi Tulangan	89,55	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
36	Pembuatan Kolom K550X550 I	papan Kayu bekisting	330,00	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
37	Pembuatan Balok B300X400 III	Besi Tulangan	89,55	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
38	Pembuatan Balok B300X400 II	Beton segar + bucket	2260,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
39	Pembuatan Balok B300X400 II	Beton segar + bucket	1888,00	3650	34,0	Dibawah kapasitas maks
40	Pembuatan Balok B300X400 III	Besi Tulangan	89,55	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
41	Pembuatan Balok B300X400 III	Besi Tulangan	89,55	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks

Tabel 5.13 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane* (lanjutan)

No	Pekerjaan	Material	Berat (kg)	Kapasitas Maks (kg)	Radius (m)	Analisis Kapasitas
42	Pembuatan Kolom K550X550 I	papan Kayu bekisting	330,00	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
43	Pembuatan Kolom K550X550 II	papan Kayu bekisting	330,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
44	Pembuatan Kolom K550X550 I	Besi Tulangan	286,56	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
45	Pembuatan Kolom K550X550 I	Besi Tulangan	286,56	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
46	Pembuatan Kolom K550X550 I	Besi Tulangan	286,56	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
47	Pembuatan Balok B300X400 III	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
48	Pembuatan Balok B300X400 III	Beton segar + bucket	1888,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
49	Pembuatan Kolom K550X550 II	papan Kayu bekisting	330,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
50	Pembuatan Kolom K550X550 IV	papan Kayu bekisting	440,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
51	Pembuatan Kolom K550X550 II	Besi Tulangan	286,56	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
52	Pembuatan Kolom K550X550 II	Besi Tulangan	286,56	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
53	Pembuatan Kolom K550X550 II	Besi Tulangan	286,56	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
54	Pembuatan Kolom K550X550 I	Beton segar + bucket	2260,00	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
55	Pembuatan Kolom K550X550 I	Beton segar + bucket	2260,00	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
56	Pembuatan Kolom K550X550 I	Beton segar + bucket	2260,00	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
57	Pembuatan Kolom K550X550 I	Beton segar + bucket	1399,75	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
58	Pembuatan Kolom K550X550 I	Beton segar + bucket	2260,00	3650	31,2	Dibawah kapasitas maks
59	Pembuatan	papan Kayu	330,00	3100	36,8	Dibawah

Tabel 5.13 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane* (lanjutan)

No	Pekerjaan	Material	Berat (kg)	Kapasitas Maks (kg)	Radius (m)	Analisis Kapasitas
	Balok B300X400 IV	bekisting				kapasitas maks
60	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Besi Tulangan	286,56	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
61	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Besi Tulangan	286,56	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
62	Pembuatan Kolom K550X550 II	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
63	Pembuatan Kolom K550X550 II	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
64	Pembuatan Kolom K550X550 II	Beton segar + bucket	1399,75	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
65	Pembuatan Kolom K550X550 II	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
66	Pembuatan Kolom K550X550 II	Beton segar + bucket	2260,00	3100	36,8	Dibawah kapasitas maks
67	Pembuatan Balok B300X400 V	papan Kayu bekisting	330,00	4400	30,0	Dibawah kapasitas maks
68	Pembuatan Balok B300X400 IV	Besi Tulangan	89,55	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
69	Pembuatan Balok B300X400 IV	Besi Tulangan	89,55	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
70	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Beton segar + bucket	2260,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
71	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Beton segar + bucket	2260,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
72	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Beton segar + bucket	2260,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
73	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Beton segar + bucket	2260,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
74	Pembuatan Kolom K550X550 IV	Beton segar + bucket	1399,75	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
75	Pembuatan Balok B300X400 IV	Besi Tulangan	89,55	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
76	Pembuatan Balok	papan Kayu bekisting	330,00	4400	21,6	Dibawah kapasitas maks

Tabel 5.13 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane* (lanjutan)

No	Pekerjaan	Material	Berat (kg)	Kapasitas Maks (kg)	Radius (m)	Analisis Kapasitas
	B300X400 VI					
77	Pembuatan Balok B300X400 V	Besi Tulangan	89,55	4400	30,0	Dibawah kapasitas maks
78	Pembuatan Balok B300X400 V	Besi Tulangan	89,55	4400	30,0	Dibawah kapasitas maks
79	Pembuatan Balok B300X400 V	Besi Tulangan	89,55	4400	30,0	Dibawah kapasitas maks
80	Pembuatan Balok B300X400 IV	Beton segar + bucket	1888,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
81	Pembuatan Balok B300X400 IV	Beton segar + bucket	2260,00	4400	25,2	Dibawah kapasitas maks
82	Pembuatan Plat Ramp Barat	papan Kayu bekisting	402,42	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
83	Pembuatan Plat Ramp Barat	papan Kayu bekisting	402,42	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
84	Pembuatan Balok B300X400 VI	Besi Tulangan	89,55	4400	21,6	Dibawah kapasitas maks
85	Pembuatan Balok B300X400 VI	Besi Tulangan	89,55	4400	21,6	Dibawah kapasitas maks
86	Pembuatan Balok B300X400 VI	Besi Tulangan	89,55	4400	21,6	Dibawah kapasitas maks
87	Pembuatan Balok B300X400 V	Beton segar + bucket	1888,00	4400	30,0	Dibawah kapasitas maks
88	Pembuatan Balok B300X400 V	Beton segar + bucket	2260,00	4400	30,0	Dibawah kapasitas maks
89	Pembuatan Kolom K550X550 III	papan Kayu bekisting	660,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
90	Pembuatan Plat Ramp Barat	Besi Tulangan	378,52	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
91	Pembuatan Balok B300X400 VI	Beton segar + bucket	2260,00	4400	21,6	Dibawah kapasitas maks
92	Pembuatan Balok B300X400 VI	Beton segar + bucket	1888,00	4400	21,6	Dibawah kapasitas maks
93	Pembuatan Kolom K550X550 III	Besi Tulangan	286,56	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
94	Pembuatan Kolom K550X550 III	Besi Tulangan	286,56	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks

Tabel 5.13 Kapasitas Pengangkatan *Tower Crane* (lanjutan)

No	Pekerjaan	Material	Berat (kg)	Kapasitas Maks (kg)	Radius (m)	Analisis Kapasitas
95	Pembuatan Kolom K550X550 III	Besi Tulangan	286,56	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
96	Pembuatan Plat Ramp Barat	Beton segar + bucket	2260,00	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
97	Pembuatan Plat Ramp Barat	Beton segar + bucket	2260,00	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
98	Pembuatan Plat Ramp Barat	Beton segar + bucket	2260,00	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
99	Pembuatan Plat Ramp Barat	Beton segar + bucket	2260,00	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
100	Pembuatan Plat Ramp Barat	Beton segar + bucket	1401,79	4400	26,8	Dibawah kapasitas maks
101	Pembuatan Kolom K550X550 III	Beton segar + bucket	2260,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
	Pembuatan Kolom K550X550 III	Beton segar + bucket	2260,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
102	Pembuatan Kolom K550X550 III	Beton segar + bucket	2260,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
103	Pembuatan Kolom K550X550 III	Beton segar + bucket	2260,00	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks
104	Pembuatan Kolom K550X550 III	Beton segar + bucket	1399,75	3650	32,0	Dibawah kapasitas maks

Berdasarkan data kapasitas pengangkatan yang ditunjukkan oleh Tabel 5.13, dapat diketahui bahwa seluruh kapasitas pengangkatan yang dilakukan Potain FO/23B memiliki nilai dibawah batas kapasitas maksimumnya. Kapasitas pengangkatan terbesarnya sebesar 2.260 kg yang memuat beton segar dan bucket cor yang dilakukan pada saat pengecoran. Oleh karena itu pekerjaan yang dilakukan tower crane Potain FO23/B dan XCMG FO/23B masih tergolong aman dilakukan.

5.6 Biaya Operasional *Tower crane*

Biaya operasional alat berat meliputi: biaya bahan bakar, gemuk, pelumas, perawatan dan perbaikan, operator, mobilisasi dan demobilisasi (Rostiyanti, 2008).

5.6.1 Perhitungan Biaya Operasional

Data harga yang dipergunakan dalam perhitungan menggunakan data primer dari lapangan dan data sekunder yang berhasil dikutip dari situs resmi perusahaan penyedia barang terkait. Untuk data harga alat berat, harga sewa alat berat, upah operator dan biaya mobilisasi dan demobilisasi diperoleh dari pelaksana proyek yang memiliki pengetahuan dan pengalaman pada alat berat *tower crane*. Sedangkan untuk data harga bahan bakar solar (solar HSD untuk konsumsi industri), harga minyak pelumas, dan harga gemuk atau *grease* diperoleh dari pencarian online pada beberapa situs *marketplace* dan situs resmi perusahaan. Data harga-harga tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Data Biaya Operasional

No	Biaya	Potain FO/23B	XCMG FO/23B
1	Harga alat berat	Rp 4,0 Milyar	Rp 2,0 Milyar
2	Biaya bahan bakar solar	Rp 11.500/ltr	Rp 11.500/ltr
3	Biaya pelumas Shell Rimula 15W-40 (1 drum=209 ltr)	Rp 5,3 juta/drum	Rp 5,3 juta/drum
4	Biaya <i>grease</i> CHAMP (per 1 kg)	Rp 41.666,67/kg	Rp 41.666,67/kg
5	Biaya operator	Rp 15 juta/bln	Rp 17 juta/bln
6	Biaya Mobilisasi dan Demob	Rp 100 juta	Rp 100 juta

1. Biaya Operasional *Tower crane* Potain FO/23B

Perhitungan:

a. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Menghitung *horse power* (HP):

$$1 \text{ kW} = 1,35962 \text{ HP}$$

$$\text{HP} = 56 \text{ kW} \times 1,35962 \text{ HP/kW} = 75,04 \text{ HP.}$$

$$\text{Eff} = 0,8$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan BBM} &= 0,04 \times \text{HP} \times \text{Eff} \\
 &= 0,04 \times 75,04 \times 0,8 \\
 &= 2,40 \text{ galon/jam} \times 3,78 \text{ liter/galon} \\
 &= 9,09 \text{ liter/jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya BBM} &= 9,09 \text{ liter/jam} \times \text{Rp } 11.500,00/\text{liter} \\
 &= \text{Rp } 104.521,72 / \text{jam}.
 \end{aligned}$$

b. Biaya Pelumas

$$Q_p = \frac{f \times \text{HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{c}{t}$$

Diketahui : f = 0,8

HP = 75,04

c = 6 gal

t = 100 jam

$$Q_p = \frac{0,8 \times 75,04 \times 0,006}{7,4} + \frac{6}{100} = 0,109 \frac{\text{gal}}{\text{jam}} = 0,411 \frac{\text{ltr}}{\text{jam}}$$

Harga pelumas per liter = Rp 5.300.000,00 / 209 liter = Rp 25.358,85

Biaya pelumas = 0,411 × Rp 25.358,85 = Rp 10.430,94

c. Biaya Gemuk

Peralatan yang digunakan pada *tower crane* tidak memiliki roda dimana tidak membutuhkan gemuk. Sehingga untuk perhitungan biaya gemuk tidak dilakukan.

d. Perhitungan Biaya Operator

Upah operator

$$= \text{Rp } 15.000.000,00 \div 240 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp } 62.500,00 \text{ per jam.}$$

e. Biaya Pemeliharaan

Harga beli alat = Rp 4.000.000.000,00

Umur ekonomis alat = 5 tahun

Jumlah digit tahun adalah : $1+2+3+4+5=15$

Tahun Pembelian 2015 jadi umur penggunaan pada tahun ke-3.

Perkiraan biaya perbaikan :

Tahun 1 = $1/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 6\%$ Harga alat

Tahun 2 = $2/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 12\%$ Harga alat

Tahun 3 = $3/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 18\%$ Harga alat

Biaya perawatan

$= 18/100 \times 4.000.000.000 \div (365 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}) = 246.575$

Jadi biaya perawatan = Rp 246.575,00 per jam.

f. Perhitungan Biaya Mobilisasi dan *Demobilisasi*

Biaya mobilisasi dan *de-mob*

$= \text{Rp } 100.000.000,00/\text{bulan} \div (182,5 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}) = \text{Rp } 68.493,15/\text{jam}$

g. Perhitungan Biaya Operasional Total

Maka biaya operasional total *tower crane* Potain FO/23B di lapangan

Biaya bahan bakar = Rp 104.521,72 /jam

Biaya pelumas = Rp 10.430,94 /jam

Biaya *Grease* = Rp 0,00 /jam

Biaya operator = Rp 62.500,00 /jam

Biaya pemeliharaan = Rp 246.575,34 /jam

Biaya mobilisasi & *de-mob* = Rp 68.493,15 /jam

Total = Rp 492.521,15 /jam

2. Biaya Operasional Tower crane XCMG FO/23B

a. Perhitungan Biaya Bahan Bakar

Menghitung *horse power* (HP):

$$1 \text{ kW} = 1,35962 \text{ HP}$$

$$\text{HP} = 51,50 \text{ kW} \times 1,35962 \text{ HP/kW} = 69,01$$

$$\text{Eff} = 0,8$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan BBM} &= 0,04 \times \text{HP} \times \text{Eff} \\ &= 0,04 \times 69,01 \times 0,8 \\ &= 2,21 \text{ galon/jam} \\ &= 8,36 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya BBM} &= 8,36 \text{ liter/jam} \times \text{Rp } 11.500,00/\text{liter} \\ &= \text{Rp } 96.122,65 / \text{jam} \end{aligned}$$

b. Biaya Pelumas

$$Q_p = \frac{f \times \text{HP} \times 0,006}{7,4} + \frac{c}{t}$$

$$\text{Diketahui : } f = 0,8$$

$$\text{hp} = 69,01 \text{ HP}$$

$$c = 6 \text{ gal}$$

$$t = 100 \text{ jam}$$

$$Q_p = \frac{0,8 \times 69,01 \times 0,006}{7,4} + \frac{6}{100} = 0,105 \frac{\text{gal}}{\text{jam}} = 0,397 \frac{\text{ltr}}{\text{jam}}$$

$$\text{Harga pelumas} = \text{Rp } 5.300.000,00 / 209 \text{ liter} = \text{Rp } 25.358,85 \text{ per liter}$$

$$\text{Biaya pelumas} = 0,397 \times \text{Rp } 25.358,85 = \text{Rp } 10.055,52$$

c. Perhitungan Biaya Operator

Upah operator

$$= \text{Rp } 15.000.000,00 \div 240 \text{ jam}$$

$$= \text{Rp } 62.500,00$$

d. Biaya Gemuk

Peralatan yang digunakan pada *tower crane* tidak memiliki roda dimana tidak membutuhkan gemuk. Sehingga untuk perhitungan biaya gemuk tidak dilakukan.

e. Biaya pemeliharaan

$$\text{Harga beli alat} = \text{Rp } 2.000.000.000,00$$

$$\text{Umur ekonomis alat} = 5 \text{ tahun}$$

$$\text{Jumlah digit tahun adalah : } 1+2+3+4+5=15$$

Tahun Pembelian 2015 jadi umur penggunaan pada tahun ke-3.

Perkiraan biaya perbaikan :

$$\text{Tahun 1} = 1/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 6\% \text{ Harga alat}$$

$$\text{Tahun 2} = 2/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 12\% \text{ Harga alat}$$

$$\text{Tahun 3} = 3/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 18\% \text{ Harga alat}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya perawatan} &= 18/100 \times 2.000.000.000 \div (365 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}) \\ &= 123.287,67 \end{aligned}$$

Jadi biaya perawatan = Rp 123.287,67 per jam.

f. Perhitungan Biaya Mobilisasi dan *Demobilisasi*

Biaya mobilisasi dan *de-mob*

$$= \text{Rp } 100.000.000,00/\text{bulan} \div (182,5 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}) = \text{Rp } 68.493,15/\text{jam}.$$

g. Perhitungan Biaya Operasional Total

Maka biaya operasional total *tower crane* XCMG FO/23B di lapangan

$$\text{Biaya bahan bakar} = \text{Rp } 96.122,65 /\text{jam}$$

$$\text{Biaya pelumas} = \text{Rp } 10.055,52/\text{jam}$$

Biaya Grease	= Rp	0,00 /jam
Biaya operator	= Rp	62.500,00 /jam
Biaya pemeliharaan	= Rp	123.287,67 /jam
<u>Biaya mobilisasi & de-mob</u>	= Rp	<u>68.493,15 /jam</u>
Total	= Rp	360.458,99 /jam

5.6.2 Perbandingan Biaya Tower crane

Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya operasional *tower crane* XCMG FO/23B memiliki biaya lebih rendah dibandingkan dengan *tower crane* Potain FO/23B dengan selisih perbandingan sebesar 34,70 %. Total biaya yang harus dikeluarkan untuk *tower crane* Potain FO/23B setiap jamnya sebesar Rp 1.062.555,40; sedangkan untuk *tower crane* XCMG FO/23B setiap jamnya sebesar Rp 788.826,57. Perbandingan biaya operasional dapat dilihat pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Perbandingan Biaya Operasional *Tower crane*

No	Jenis Biaya	Biaya (Rp /jam)	
		Potain FO/23B	XCMG FO/23B
1	Biaya bahan bakar	104.521,72	96.122,65
2	Biaya pelumas	10.430,94	10.055,52
3	Biaya <i>grease</i>	0	0
4	Biaya operator	62.500,00	62.500,00
5	Biaya pemeliharaan	246.575,34	123.287,67
6	Biaya mobilisasi & <i>demob</i>	68.493,15	68.493,15
	TOTAL	492.521,15	360.458,99
	Selisih Perbandingan	36,64 %	

Terkait dengan biaya operasional, *tower crane* Potain FO/23B di lapangan memiliki biaya operasional lebih tinggi dibandingkan dengan biaya operasional *tower crane* XCMG FO/23B. Hal ini terlihat pada Tabel 5.15 diatas yang

menunjukkan total biaya operasional Potain lebih tinggi dibandingkan dengan biaya operasional XCMG. Selisih perbandingan kedua *tower crane* sebesar 36,64%.

5.7 Pembahasan

5.7.1 Produktivitas

Berdasarkan pada Tabel 5.10 terlihat bahwa nilai produktivitas *tower crane* Potain FO/23B yang berada di lapangan memiliki nilai produktivitas lebih besar dibandingkan dengan produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B pembanding. *Tower crane* Potain FO/23B setiap jamnya mampu memindahkan atau mengangkut material proyek sebesar 9846,87 kg. Selisih perbedaan antara produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan dengan produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B pembanding sebesar 115,58 kg/jam. Selisih persentase produktivitas kedua *tower crane* sebesar 1,19%.

Perbedaan produktivitas ini disebabkan oleh factor kapasitas mesin yang dimiliki oleh masing-masing *tower crane*. Untuk *tower crane* Potain yang berada di lapangan, kapasitas mesinnya sebesar 75,04 HP lebih besar dibandingkan dengan kapasitas mesin yang dimiliki oleh *tower crane* XCMG yaitu sebesar 69,01 HP. Semakin besar kapasitas mesin, maka akan semakin besar pula nilai produktivitas *tower crane*. Hal ini dimungkinkan karena dengan kapasitas yang lebih besar, kerja *tower crane* bisa semakin cepat. Kerja yang cepat akan mempengaruhi waktu siklus *tower crane*. Semakin cepat kerja *tower crane* maka akan semakin kecil nilai waktu siklusnya.

Produktivitas dipengaruhi oleh beratnya material yang diangkut dan besarnya waktu siklus. Berdasarkan rumus 3.2 produktivitas berbanding lurus dengan output *tower crane* yaitu berupa berat material dan produktivitas berbanding terbalik dengan waktu siklus *tower crane*. Dengan demikian, semakin kecil waktu siklus *tower crane*, maka nilai produktivitasnya akan semakin besar.

5.7.2 Kapasitas Tower Crane

Kapasitas tower crane merupakan besarnya muatan yang bisa diangkat

oleh tower crane. Beratnya material yang diangkat hendaknya tidak melebihi batas kapasitas maksimal tower crane. Pada penelitian ini, besarnya kapasitas tower crane Potain dan XCMG ditunjukkan pada Tabel 5.13. sedangkan batas kapasitas maksimal tower crane dapat dilihat pada Tabel 4.12. Berdasarkan data kapasitas pengangkatan yang ditunjukkan oleh Tabel 5.13, dapat diketahui bahwa seluruh kapasitas pengangkatan yang dilakukan Potain FO/23B memiliki nilai dibawah batas kapasitas maksimumnya. Kapasitas pengangkatan terbesarnya sebesar 2.260 kg yang memuat beton segar dan bucket cor yang dilakukan pada saat pengecoran. Oleh karena itu pekerjaan yang dilakukan tower crane Potain FO23/B dan XCMG FO/23B masih tergolong aman dilakukan.

5.7.3 Biaya Operasional

Berdasarkan Tabel 5.15, terdapat perbedaan biaya operasional antara dua *tower crane*. Perbedaan selisih biaya operasional antara *tower crane* tipe Potain dan XCMG disebabkan oleh adanya perbedaan besarnya biaya bahan bakar, biaya pelumas, dan biaya perawatan. Pada masing-masing perbedaan biaya tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pada biaya bahan bakar dan biaya minyak pelumas dipengaruhi oleh faktor kapasitas mesin yang dimiliki *tower crane*. Kapasitas ini biasanya memiliki satuan *horse power* (HP). Kapasitas mesin *tower crane* Potain FO 23/B memiliki kapasitas sebesar 75,04 HP yang nilainya lebih besar dibandingkan dengan kapasitas mesin XCMG FO 23/B sebesar 69,01 HP. Dengan perbedaan kapasitas mesin akan mengakibatkan konsumsi bahan bakar akan berbeda pula. Semakin besar kapasitas mesin, maka akan semakin besar pula konsumsi bahan bakarnya. Selain mempengaruhi biaya bahan bakar, besarnya kapasitas mesin (HP) juga mempengaruhi besarnya biaya minyak pelumas. Diasumsikan menggunakan minyak pelumas yang sama spesifikasinya, yaitu Shell Rimula 15W-40. Satu drum minyak pelumas berisi 209 liter. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa biaya minyak pelumas untuk *tower crane* Potain memiliki harga lebih besar dibandingkan dengan *tower crane* XCMG. Besarnya nilai kapasitas mesin (HP) berbanding lurus dengan besarnya biaya minyak pelumas. Perbedaan yang terjadi pada biaya pemeliharaan *tower crane* Potain

dengan XCMG lebih disebabkan oleh faktor harga beli *tower crane* Potain dan XCMG. Berdasarkan Tabel 5.11 tampak bahwa biaya pemeliharaan pada *tower crane* Potain sebesar Rp 246.575,34 setiap jamnya lebih besar dibandingkan dengan biaya pemeliharaan pada *tower crane* XCMG sebesar Rp 123.287,67 setiap jamnya. Semakin besar harga beli alat berat, dalam hal ini *tower crane*, maka semakin besar pula biaya pemeliharaannya dan sebaliknya. Secara keseluruhan, biaya operasional Potain FO/23B sebesar Rp 492.521,15 per jamnya dinilai lebih tinggi dibandingkan dengan biaya operasional XCMG FO/23B.

Di atas merupakan ulasan perbandingan antara *tower crane* Potain FO/23B di lapangan dengan *tower crane* XCMG FO/23B alternatif, baik dari sisi spesifikasi, sisi produktivitas dan sisi biaya. Setelah melihat perbandingan tersebut, terlihat bahwa masing-masing *tower crane* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Berdasarkan pembahasan di atas bisa dikatakan bahwa *tower crane* Potain FO/23B memiliki kapasitas mesin yang lebih besar, nilai produktivitas lebih besar dan memiliki biaya operasional lebih mahal dibandingkan dengan *tower crane* XCMG FO/23B sebagai pembandingnya.