

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIVITAS *TOWER CRANE*
ANTARA TIPE POTAIN FO/23B DAN XCMG FO/23B
(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di
Yogyakarta)**

***COMPARISON OF COST AND PRODUCTIVITY OF TOWER CRANE
BETWEEN FO/23B TYPE AND XCMG FO/23B TYPE
(Case Study: Construction Project of Muhammadiyah Museum Building in
Yogyakarta)***

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Dimas Thole Danutirto
13511168**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**

2019

TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIFITAS *TOWER CRANE*
ANTARA TIPE POTAIN FO/23B DAN XCMG FO/23B
(Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di
Yogyakarta)**

***COMPARISON OF COST AND PRODUCTION ON TOWER CRANE
BETWEEN FO / 23B TYPE AND XCMG FO / 23B TYPE
(Case Study: Construction Project of Muhammadiyah Museum Building in
Yogyakarta)***

Disusun oleh:

Dimas Thole Danutirto

13511168

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 4 September 2019.

Oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D
NIK: 955110102

Penguji 1

Rayendra, S.T., M.T.
NIK: 155110104

Penguji 2

Vendie Abma, S.T., M.T.
NIK: 155111310

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Dr. Ir. Sri Amni Yuni Astuti, M.T.
NIK: 885110101

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, Juli 2019

Yang membuat pernyataan,



Materai

Dimas Thole Danutirto

(13511168)

HALAMAN DEDIKASI

Tulisan ini kupersembahkan untuk Papa mama tercinta



HALAMAN DEDIKASI

Tulisan ini kupersembahkan untuk Papa mama tercinta



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIFITAS *TOWER CRANE* ANTARA TIPE POTAIN FO/23B DAN XCMG FO/23B. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
2. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Rayendra, S.T., M.T. dan Bapak Vendie Abma, S.T., M.T. selaku dosen tamu.
4. Teman-teman satu angkatan Teknik Sipil dan semua pihak yang telah membantu selesainya tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Juli 2019
Penulis,



Dimas Thole Danutirto
13511168

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIFITAS *TOWER CRANE* ANTARA TIPE POTAIN FO/23B DAN XCMG FO/23B. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil.
2. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir.
3. Bapak Rayendra, S.T., M.T. dan Bapak Vendie Abma, S.T., M.T. selaku dosen tamu.
4. Teman-teman satu angkatan Teknik Sipil dan semua pihak yang telah membantu selesainya tugas akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, Juli 2019
Penulis,



Dimas Thole Danutirto
13511168

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| HALAMAN SAMPUL | I |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | II |
| HALAMAN PERNYATAAN | III |
| HALAMAN DEDIKASI..... | IV |
| KATA PENGANTAR..... | V |
| DAFTAR ISI | VI |
| DAFTAR GAMBAR..... | IX |
| DAFTAR TABEL | X |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | XI |
| ABSTRAK | XII |
| ABSTRACT | XIII |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 LATAR BELAKANG | 1 |
| 1.2 RUMUSAN MASALAH..... | 3 |
| 1.3 TUJUAN PENELITIAN..... | 4 |
| 1.4 MANFAAT PENELITIAN | 4 |
| 1.5 BATASAN MASALAH..... | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 6 |
| 2.1 PENELITIAN TERDAHULU..... | 6 |
| 2.1.1 Optimasi Penempatan <i>Group Tower crane</i> pada Proyek Pembangunan My Tower Surabaya..... | 6 |
| 2.1.2 Analisa Produktivitas <i>Tower crane</i> pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya | 7 |
| 2.1.3 Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat <i>Tower crane</i> dan <i>Mobile Crane</i> pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya..... | 7 |
| 2.1.4 Analisis Penggunaan <i>Tower crane</i> berbasis Kapasitas terhadap Efektifitas Waktu dan Efisiensi Biaya pada Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus pada Proyek Bellini Tower Apartment Paltrow City Semarang) | 8 |

| | | |
|---------------------------------------|---|-----------|
| 2.1.5 | Optimalisasi Lokasi untuk <i>Group Tower crane</i> pada Proyek Apartemen Guna Wangsa Surabaya | 9 |
| 2.2 | PERBEDAAN PENELITIAN | 10 |
| BAB III LANDASAN TEORI | | 12 |
| 3.1 | PROYEK | 12 |
| 3.1.1 | Pengertian Proyek | 12 |
| 3.2 | PERALATAN PROYEK | 12 |
| 3.2.1 | Pengertian Peralatan Proyek | 12 |
| 3.2.2 | Produktivitas Peralatan | 14 |
| 3.3 | <i>TOWER CRANE</i> | 15 |
| 3.3.1 | Jenis <i>Tower crane</i> | 16 |
| 3.3.2 | Bagian-Bagian <i>Tower crane</i> | 16 |
| 3.3.3 | Mekanisme Kerja <i>Tower crane</i> | 18 |
| 3.3.4 | Kapasitas <i>Tower crane</i> | 19 |
| 3.3.5 | Pemilihan <i>Tower crane</i> | 19 |
| 3.3.6 | Faktor-Faktor Posisi <i>Tower crane</i> | 20 |
| 3.4 | PRODUKTIVITAS <i>TOWER CRANE</i> | 20 |
| 3.4.1 | Berat muatan | 21 |
| 3.4.2 | Waktu Siklus | 22 |
| 3.5 | BIAYA OPERASIONAL ALAT BERAT | 24 |
| 3.5.1 | Bahan Bakar | 24 |
| 3.5.2 | Pelumas | 25 |
| 3.5.3 | Gemuk/ <i>Grease</i> | 25 |
| 3.5.4 | Pemeliharaan dan Perawatan | 25 |
| 3.5.5 | Biaya Operator | 26 |
| 3.5.6 | Mobilisasi dan Demobilisasi | 27 |
| BAB IV METODE PENELITIAN | | 28 |
| 4.1 | METODE PENELITIAN | 28 |
| 4.2 | TEMPAT DAN WAKTU | 28 |
| 4.3 | TAHAPAN PENELITIAN | 28 |
| 4.3.1 | Perumusan Masalah dan Identifikasi | 28 |
| 4.3.2 | Pengumpulan Data | 29 |
| 4.3.3 | Perhitungan dan Pengolahan Data | 30 |

| | | |
|------------------------------|---|-----------|
| 4.3.4 | Pembahasan | 31 |
| 4.3.5 | Kesimpulan dan Saran | 31 |
| 4.4 | JADWAL PENELITIAN..... | 33 |
| BAB V PEMBAHASAN..... | | 35 |
| 5.1 | Data Proyek..... | 35 |
| 5.1.1 | Lokasi Proyek | 35 |
| 5.1.2 | Data Awal Proyek..... | 36 |
| 5.1.3 | Data Alat Berat | 36 |
| 5.1.4 | <i>Tower crane</i> | 37 |
| 5.1.5 | Data Waktu Siklus | 37 |
| 5.1.6 | Data Jarak Perpindahan Material..... | 39 |
| 5.2 | Perbandingan Spesifikasi <i>Tower crane</i> | 40 |
| 5.3 | Siklus <i>Tower crane</i> | 41 |
| 5.4 | Produktivitas <i>Tower crane</i> | 42 |
| 5.4.1 | Produktivitas <i>Tower crane</i> Potain FO/23B..... | 42 |
| 5.4.2 | Produktivitas <i>Tower crane</i> XCMG FO/23B..... | 49 |
| 5.4.3 | Perbandingan Produktivitas <i>Tower crane</i> di lapangan dengan <i>Tower crane</i> Pembanding..... | 55 |
| 5.5 | Kapasitas <i>Tower Crane</i> | 56 |
| 5.5.1 | Kapasitas Maksimum <i>Tower Crane</i> | 56 |
| 5.5.2 | Kapasitas Pengangkatan <i>Tower Crane</i> | 56 |
| 5.6 | Biaya Operasional <i>Tower crane</i> | 62 |
| 5.6.1 | Perhitungan Biaya Operasional | 63 |
| 5.6.2 | Perbandingan Biaya <i>Tower crane</i> | 68 |
| 5.7 | Pembahasan | 69 |
| 5.7.1 | Produktivitas | 69 |
| 5.7.2 | Kapasitas <i>Tower Crane</i> | 69 |
| 5.7.3 | Biaya Operasional..... | 70 |
| BAB VI PENUTUP..... | | 72 |
| 6.1 | Kesimpulan | 72 |
| 6.2 | Saran | 72 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | | 73 |
| LAMPIRAN | | 75 |

ABSTRAK

Pesatnya pembangunan dalam beberapa waktu terakhir ini mengikuti tingginya perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi. Alat berat dalam pekerjaan teknik sipil merupakan alat berat yang biasa digunakan untuk membantu dan juga meringankan pekerjaan manusia dalam pembangunan suatu struktur. Salah satu alat berat yang sering digunakan pada proyek pembangunan gedung bertingkat adalah *tower crane*. Setiap proyek dalam pelaksanaan maupun pemilihan alat berat yang digunakan berbeda-beda. Pada proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta menggunakan sebuah *tower crane* yang mana diletakkan pada posisi paling efektif dan efisien mengingat luasnya lahan pada proyek tersebut. Penelitian ini akan menganalisis perbandingan Produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan yang digunakan dalam Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta dengan Produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B alternatif secara teoritis dengan spesifikasi yang berbeda.

Penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengamatan *tower crane* Potain FO 23/B di lapangan dan mensimulasikan perhitungan Produktivitasnya dengan *tower crane* XCMG FO 23/B alternatif yang memiliki spesifikasi yang berbeda. Dalam penelitian akan dilakukan perbandingan spesifikasi, Produktivitas dan biaya operasional antara kedua *tower crane*. Produktivitas *tower crane* merupakan perbandingan antara hasil yang dicapai atau *output* dengan seluruh sumber daya yang digunakan atau *input*. *Output* merupakan banyaknya material yang dipindahkan *tower crane*, sedangkan *input* merupakan waktu yang diperlukan untuk memindahkan material dari *supply point* ke *demand* atau tujuan.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh bahwa Produktivitas *tower crane* Potain memiliki Produktivitas sebesar 9.846,87 kg/jam lebih besar dibandingkan dengan Produktivitas *tower crane* XCMG sebesar 9.731,30 kg/jam. Selisih perbandingan kedua *tower crane* sebesar 115,58 kg/jam. Dalam sisi spesifikasi, *tower crane* Potain memiliki spesifikasi lebih baik dibandingkan dengan *tower crane* XCMG. Dalam spesifikasi ditunjukkan perbedaan mengenai kapasitas motor penggerak pada *tower crane* Potain dan *tower crane* XCMG. Kapasitas pengangkatan pada setiap pekerjaan nialinya dibawah batas kapasitas maksimal *tower crane*, sehingga kerja *tower crane* dinilai aman. Pada sisi biaya operasional, *tower crane* Potain memakan biaya sebesar Rp 492.521,15 per jam untuk beroperasi yang mana nilainya lebih besar sebesar 36,64% jika dibandingkan dengan *tower crane* XCMG dengan biaya sebesar Rp 360.458,99 per jam.

Kata Kunci: Biaya, Produktivitas, *Tower Crane*.

ABSTRACT

The rapid development in recent times has followed the high technological developments in the field of construction. Heavy equipment in civil engineering work is a heavy equipment commonly used to help and also relieve human work in the construction of a structure. One of the heavy equipment that is often used in multi-storey building construction projects is the tower crane. Each project in the implementation and selection of heavy equipment used is different. The Muhammadiyah Museum Building Project in Yogyakarta has an efficient project location in terms of the placement of buildings, meaning that the building was established on the location of the land which has an area that is almost the same as the area of the building, so that there are not many vacant land left. This study will analyze the productivity comparison of tower crane Potain FO / 23B in the field used in the Muhammadiyah Museum Building Construction Project in Yogyakarta with the productivity of alternative FOCM / B XCMG tower cranes with different specifications.

This research was carried out by observing the tower crane Potain FO 23 / B in the field and simulating its productivity calculation with comparable tower XCMG FO 23 / B towers that had different specifications. In the study, a comparison of specifications, productivity and operational costs will be made between the two tower cranes. The productivity of a tower crane is a comparison between the results achieved or output with all resources used or input. Output is the amount of material transferred by the tower crane, while input is the time needed to move material from the supply point to the demand or destination.

Based on the calculation results obtained that the productivity of Potain tower cranes has a productivity of 9,846.87 kg / hour greater than the productivity of XCMG tower cranes of 9,731.30 kg / hour. Difference in comparison between the two tower cranes is 115.58 kg / hour. In terms of specifications, Potain tower cranes have better specifications compared to XCMG tower cranes. In the specifications indicated differences in the capacity of the driving motor on the tower crane Potain and tower crane XCMG. The lifting capacity on each of his work is below the maximum capacity of the tower crane, so that the work of the tower crane is considered safe. In terms of operational costs, Potain tower cranes cost Rp 492,521.15 per hour to operate, which is 36,64% higher compared to XCMG tower cranes at a cost of Rp 360,458.99 per hour.

Keywords: Cost, Productivity, Tower Crane.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pesatnya pembangunan dalam beberapa waktu terakhir ini mengikuti tingginya perkembangan teknologi dalam bidang konstruksi. Tidak sedikit timbul permasalahan di lapangan yang banyak dihadapi oleh pekerja proyek. Bangunan dan gedung yang didirikan bukanlah bangunan kecil, melainkan bangunan yang besar dan tinggi sehingga tidak mungkin untuk dikerjakan hanya dengan mengandalkan tenaga manusia saja. Seperti halnya pada Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Jalan Ahmad Yani (*Ring Road Selatan*) Yogyakarta, proyek pembangunan gedung bertingkat mengikuti jadwal yang sudah direncanakan dari awal. Perlu strategi dalam melakukan pekerjaan tersebut sehingga pembangunan dapat dilaksanakan tepat waktu dan efisien dan juga dibutuhkan alat berat untuk membantu pekerjaan-pekerjaan pembangunan tersebut.

Pada proyek pembangunan museum Muhammadiyah digunakan beberapa alat berat. Alat berat dalam pekerjaan teknik sipil merupakan alat berat yang biasa digunakan untuk membantu dan juga meringankan pekerjaan manusia dalam pembangunan suatu struktur. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat berat di sini tidak lain adalah untuk memudahkan manusia dalam melakukan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dalam waktu yang efisien.

Tower crane merupakan salah satu alat berat yang digunakan pada proyek pembangunan Museum Muhammadiyah. Alat berat ini digunakan sebagai alat pengangkut material (*material handling equipment*) dari satu tempat ke tempat yang lain baik secara vertikal maupun horisontal. *Tower crane* banyak digunakan dalam proyek pembangunan gedung bertingkat karena memiliki ketinggian yang dapat

disesuaikan dengan tinggi bangunan dan juga memiliki jangkauan yang cukup luas. *Tower crane* menjadi alat multi fungsi karena dapat melakukan beberapa pekerjaan dalam menunjang kelancaran pekerjaan proyek pembangunan gedung bertingkat yang tinggi (Asiyanto, 2008).

Setiap proyek dalam pelaksanaan maupun pemilihan alat berat yang digunakan berbeda-beda. Dalam proyek pembangunan Gedung Muhammadiyah digunakan *tower crane* dengan brand Potain yang memiliki tipe FO/23B. *Tower crane* tipe ini panjang lengan maksimal sebesar 50 meter dan dinilai mampu menjangkau seluruh area pembangunan gedung dan mampu menjangkau ketinggian rencana bangunan. *Tower crane* ini termasuk dalam *self supporting static tower crane* dimana *tower crane* berdiri di atas pondasi yang letaknya tetap di atas tanah. *Tower crane* ini berdiri tetap dan tidak bisa berpindah-pindah tempat. *Tower crane* ini memiliki jangkauan kerja yang sangat luas yang didukung dengan lengannya yang panjang.

Tower crane dapat bekerja dengan dioperasikan oleh operator. *Tower crane* bekerja dengan memindahkan barang ataupun material dalam berlangsungnya proyek. Dalam penggunaan *tower crane*, dikenal istilah Produktivitas *tower crane*. Kamus Besar Bahasa Indonesia mencatat Produktivitas memiliki makna sebagai kemampuan untuk menghasilkan sesuatu. Menurut Kosmatka dalam Amalia (2017) Produktivitas merupakan rasio antara kegiatan (*output*) dan masukan (*input*). *Output* dalam hal ini diartikan sebagai hasil kerja *tower crane*, yaitu jumlah barang dan material yang mampu dipindahkan. Sedangkan, *input* adalah waktu yang diperlukan *tower crane* untuk memindahkan barang dan material tersebut. Jadi untuk menghitung produktivitas *tower crane* dapat dilakukan dengan membandingkan antara jumlah total beban yang mampu dipindahkan *tower crane* dengan jumlah total waktu yang diperlukan *tower crane* untuk memindahkan barang atau material. Produktivitas dinyatakan dalam satuan kg/jam (Asiyanto, 2008).

Dalam penelitian ini, Produktivitas *tower crane* ditentukan secara praktek dan secara teori. Produktivitas secara praktek ditentukan dengan melakukan pengamatan waktu siklus secara langsung di lapangan. Sedangkan, Produktivitas secara teori ditentukan dengan melakukan pendekatan secara teoritis pada waktu siklus *tower*

crane. Dalam menentukan Produktivitas *tower crane*, diperlukan data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data asli yang langsung diperoleh dari lapangan. Data primer berupa data waktu siklus yang dibutuhkan *tower crane* untuk memindahkan barang dan material. Waktu siklus dimulai sejak pemasangan barang dan material di *supply point* sampai *tower crane* kembali ke *supply point* setelah menurunkan barang dan material di *load point*. Sedangkan data sekunder merupakan data yang berasal dari sumber-sumber referensi dan hasil olahan data primer. Data sekunder meliputi gambar struktur proyek, data berat jenis material, dan data penunjang lainnya seperti data spesifikasi *tower crane* alternatif dan harga BBM.

Setiap penggunaan alat berat, seperti *tower crane*, memerlukan biaya operasional yang cukup besar. Salah satu faktor yang mempengaruhi biaya adalah lamanya waktu pemakaian alat tersebut sehingga kontraktor harus merencanakan waktu dengan sangat baik. Waktu dalam ilmu proyek sangatlah penting. Waktu merupakan salah satu batasan dalam proyek konstruksi yang kaitannya dengan Produktivitas dan volume pekerjaan yang telah dikerjakan setiap satuan waktu (Nuryanto, 2012).

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan diatas, penelitian ini akan menganalisis perbandingan Produktivitas dan biaya operasional *tower crane* praktis yang digunakan di lapangan dengan Produktivitas dan biaya operasional *tower crane* teoritis sebagai *tower crane* alternatif dalam Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta.

1.2 RUMUSAN MASALAH

Dari uraian latar belakang penelitian diatas, dapat dibangun rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana perbandingan produktivitas *tower crane* praktis yang digunakan di lapangan dengan produktivitas *tower crane* teoritis sebagai *tower crane* alternatif dalam Proyek Pembangunan Gedung Muhammadiyah di Yogyakarta.
2. Bagaimana besarnya kapasitas pengangkatan *tower crane* terhadap kapasitas maksimum pengangkutan.

3. Bagaimana perbandingan biaya operasional *tower crane* praktis yang digunakan di lapangan dengan biaya operasional *tower crane* teoritis dalam Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui perbandingan produktivitas *tower crane* praktis yang digunakan di lapangan dengan produktivitas *tower crane* teoritis dalam Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta.
2. Mengetahui kapasitas pengangkatan material *tower crane* terhadap kapasitas maksimumnya.
3. Mengetahui perbandingan biaya operasional *tower crane* praktis yang ada di lapangan dengan biaya operasional *tower crane* teoritis dalam Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta.

1.4 MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini bagi peneliti, akademisi dan praktisi sebagai berikut:

1. Akademisi
Dapat memberikan pengetahuan untuk pembelajar lainnya di bidang Teknik Sipil, khususnya pada pengetahuan *tower crane* yang biasa digunakan dalam proyek pembangunan gedung bertingkat.
2. Praktisi
Diharapkan hasil penelitian ini mampu memberikan bahasan mengenai *tower crane* dan menjadi contoh teknik analisis perbandingan penggunaan *tower crane* di proyek pembangunan gedung bertingkat yang bisa diaplikasikan oleh praktisi di lapangan.
3. Peneliti
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan wawasan dan pengalaman di bidang konstruksi pada umumnya dan alat berat *tower crane* pada khususnya.

Selain itu peneliti mampu mengetahui penggunaan dan analisis produktivitas *tower crane* pada proyek pembangunan gedung bertingkat.

1.5 BATASAN MASALAH

Penelitian ini terbatas pada:

1. Penelitian ini dilakukan dalam ruang lingkup pada Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta.
2. Jumlah *tower crane* yang digunakan di lapangan terdapat 1 unit yaitu *tower crane* dengan *brand* Potain FO/23B. Sedangkan untuk mengetahui perbandingan produktivitas *tower crane* teoritis menggunakan *tower crane* alternatif dengan *brand* XCMG FO/23B.
3. *Tower crane* alternatif yaitu XCMG FO/23B dan *tower crane* yang digunakan di lapangan memiliki sedikit perbedaan pada spesifikasinya.
4. Analisis biaya operasional yang diperhitungkan meliputi: biaya bahan bakar, pelumas, grease, biaya operator dan mobilisasi dan demobilisasi.
5. Pekerjaan *tower crane* yang dikaji dalam penelitian ini terbatas pada pekerjaan struktur bangunan, meliputi balok, kolom, plat dan plat ramp yang ditunjukkan oleh gambar proyek.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 PENELITIAN TERDAHULU

Penelitian terdahulu digunakan sebagai referensi-referensi penelitian yang berkaitan dengan subyek dan objek penelitian. Dalam penelitian-penelitian sebelumnya telah dilakukan beberapa analisis mengenai penempatan alat berat pada proyek konstruksi yaitu *tower crane*.

2.1.1 Optimasi Penempatan *Group Tower crane* pada Proyek Pembangunan My Tower Surabaya

Penelitian ini memiliki tema terkait optimasi penempatan *group tower crane*. *Tower crane* adalah alat yang digunakan untuk mengangkut material secara vertikal dan horisontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Pada saat pemilihan *tower crane* sebagai alat pengangkatan yang akan digunakan, ada beberapa pertimbangan yang perlu diperhatikan, yaitu kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian tidak terjangkau oleh alat lain, dan pergerakan alat yang tidak perlu. Pertimbangan ini harus direncanakan sebelum proyek dimulai karena *tower crane* diletakkan di tempat yang tetap selama proyek berlangsung. *Tower crane* harus dapat memenuhi kebutuhan pemindahan material sesuai dengan daya jangkauan yang ditetapkan (Septiawan dan Nurcahyo, 2017).

Pada konstruksi proyek yang besar, seperti pada Proyek My Tower Surabaya, *tower crane* bekerja lebih ekstra terutama ketika *tower crane* tunggal tidak bisa melayani keseluruhan pekerjaan pengangkatan dari semua titik persediaan dan titik kebutuhan, maka perlu digunakan lebih dari satu *tower crane*, atau biasa disebut *group tower crane*. Dengan adanya lebih dari satu *tower crane* bukan berarti semua masalah pekerjaan pengangkatan bisa teratasi, karena pada proyek yang memiliki lahan yang kurang luas, semakin banyak *tower crane* menyebabkan sering terjadinya tabrakan ataupun tumpang tindih antar *tower crane*. Dari permasalahan tersebut perlu adanya

pengoptimalan lokasi untuk *group tower crane*. Lokasi yang optimal adalah lokasi yang memiliki indeks konflik dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* terkecil. Karena *tower crane* yang digunakan lebih dari satu maka penempatan *tower crane* harus sesuai pada titik yang optimal (Septiawan dan Nurcahyo, 2017).

Dalam perhitungan untuk mendapatkan hasil yang optimal pada penempatan *tower crane* direncanakan menggunakan 3 skenario. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa skenario 3 adalah skenario yang paling optimal dibandingkan skenario 1 dan skenario 2, karena skenario 3 memiliki nilai indeks konflik (NC) terkecil yaitu 6 dan keseimbangan beban kerja (σ) terkecil yaitu 2,249 jam serta dengan biaya operasional sebesar Rp 1.256.778.497,00 (Septiawan dan Nurcahyo, 2017).

2.1.2 Analisa Produktivitas *Tower crane* pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya

Dalam proyek konstruksi, produktivitas *tower crane* adalah salah satu penentu untuk memenuhi target proyek agar terpenuhi sesuai waktu yang direncanakan. Penelitian dilakukan dengan cara mengamati *tower crane* 1, 2, 3 dan 4 selama 20 hari tiap alat dengan disertai pengisian angket penelitian yang diisi oleh pengamat disertai dengan data lapangan tiap harinya. Dari analisis data yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa besarnya produktivitas rata-rata *tower crane* pada proyek pembangunan gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya adalah TC 1 sebesar 5.061,39 kg/jam, TC 2 sebesar 1.931,01 kg/jam, TC 3 sebesar 3.193,70 kg/jam dan TC 4 sebesar 4.150,60 kg/jam. Variabel yang ditentukan ternyata signifikansinya $0,000 < 0,05$ (*sig.* yang disyaratkan) maka secara *simultan* berpengaruh terhadap produktivitas *tower crane*. Secara parsial variabel yang mempunyai pengaruh signifikan adalah kondisi lapangan dengan $sig. = 0,012 < 0,05$. Kondisi Lapangan mempunyai pengaruh yang dominan dengan nilai *beta* sebesar 750,493 (Amalia dan Purwadi, 2017).

2.1.3 Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat *Tower crane* dan *Mobile Crane* pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya

Pada proyek Pembangunan Gedung IGD, Bedah Sentral dan Rawat Inap

Maskin RSUD Haji Surabaya peralatan yang digunakan untuk pekerjaan struktur atau beton adalah *tower crane* (TC) dan *concrete pump* (CP), sedangkan *mobile crane* (MC) sendiri direncanakan sebagai pengganti *tower crane* dalam pelaksanaan pekerjaan struktur. 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, kapasitas dan produktivitasnya dari peralatan yang digunakan. Sedangkan dalam menentukan biaya pelaksanaan yang diperhitungkan adalah biaya sewa, biaya mobilisasi dan demobilisasi, 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. Berdasarkan perbandingan waktu dan biaya maka pada proyek pembangunan Gedung IGD, Bedah Sentral dan Rawat Inap RSUD Haji Surabaya, untuk pekerjaan pengangkatan material dan pengecoran sebaiknya menggunakan kombinasi peralatan *tower crane* dan *concrete pump*, karena lebih efisien dari segi waktu mengingat proyek tersebut berada pada area Rumah Sakit yang sedang aktif pada saat pembangunannya (Ridha, 2011).

2.1.4 Analisis Penggunaan *Tower crane* berbasis Kapasitas terhadap Efektifitas Waktu dan Efisiensi Biaya pada Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus pada Proyek Bellini Tower Apartment Paltrow City Semarang)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas waktu dan efisiensi biaya berdasarkan pada kapasitas *tower crane*; mengetahui penggunaan *tower crane* secara optimal dalam pelaksanaan pekerjaan struktur yang meliputi kolom, *shear wall*, *core wall*, balok, dan plat lantai. Penelitian dilaksanakan pada proyek Bellini Tower Apartment Paltrow City Semarang. Dengan menggunakan metode pengumpulan data berupa wawancara dan observasi secara langsung di lapangan, data yang berhasil dihimpun dilakukan pengolahan data secara metode analisis kuantitatif tersebut. Perhitungan meliputi pekerjaan tulangan, *bekisting*, pengecoran pada kolom, *shear wall*, *core wall*, balok dan plat lantai. Mekanisme perhitungan pekerjaan dibagi dalam empat macam, yaitu waktu angkat, waktu kembali, waktu siklus dan waktu pelaksanaan produksi total waktu penggunaan *tower crane* tersebut kemudian dianalisis dengan perhitungan biaya pengeluaran akibat total waktu (Wibowo dan Gunawan, 2016).

Hasil penelitian mengungkapkan bahwa penggunaan *tower crane* dengan kapasitas 1,2 ton mampu menyelesaikan pekerjaan selama 6,4 bulan dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp 990.720.000,00. Sedangkan *tower crane* dengan kapasitas 2,4 ton mampu menyelesaikan pekerjaan selama 5,2 bulan dengan biaya sebesar Rp 1.202.500.000,00. Selisih durasi penyelesaian pekerjaan selama 1,2 bulan dan selisih biaya sebesar Rp 116.400.000,00. Penelitian menyimpulkan bahwa *tower crane* dengan kapasitas 2,4 ton lebih efisien dibandingkan dengan *tower crane* dengan kapasitas 1,2 ton dengan efisiensi biaya sebesar Rp 95.380.000,00 (Wibowo dan Gunawan, 2016).

2.1.5 Optimalisasi Lokasi untuk *Group Tower crane* pada Proyek Apartemen Guna Wangsa Surabaya

Pada penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2013) dalam Proyek Pembangunan Apartemen Guna Wangsa Surabaya menggunakan *tower crane* sebagai alat berat yang digunakan untuk mengangkut alat konstruksi dan material konstruksi. Tujuan penelitian adalah mengetahui titik lokasi grup *tower crane* yang memiliki indeks konflik dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* paling kecil dan melakukan perhitungan selisih durasi *tower crane* dalam menyelesaikan pekerjaan dalam satu lantai. Dalam penelitian digunakan tiga skenario untuk memperoleh titik optimal penempatan *tower crane*. Skenario pertama kondisi asli seperti di lapangan dengan data denah titik *supply* dan radius *tower crane* sebesar 60 meter. Sedangkan pada skenario ke-2 lokasi *supply point* dimodifikasi sedemikian rupa jumlah dan tempatnya sehingga setiap blok memiliki empat titik *supply* dengan radius *tower crane* 60 meter. Pada skenario ke-3 lokasi titik *supply* dilakukan modifikasi seperti pada skenario ke-2 hanya saja radius *tower crane* diperkecil hingga mencapai radius optimal (Rahman, 2012).

Hasil penelitian menyebutkan bahwa grup *tower crane* pada skenario ke-2 adalah yang paling optimal dibandingkan dengan skenario lainnya. Pada skenario ke-2 grup *tower crane* memiliki indeks konflik dan keseimbangan beban kerja terkecil. Skenario ke-2 grup *tower crane* memiliki koordinat TC1 79,35 dan TC2 255,111 dengan indeks konflik sebesar nol persilangan dan keseimbangan beban kerja antar *tower crane* sebesar 963,100026 menit (Rahman, 2012).

2.2 PERBEDAAN PENELITIAN

Berdasarkan referensi diketahui bahwa dengan peneliti menggunakan spesifikasi *tower crane* yang berbeda, maka produktivitas *tower crane* tersebut akan bernilai berbeda. Hal ini berkaitan dengan spesifikasi *tower crane* tersebut. Selain itu jarak titik *supply* dengan tujuan penurunan material dari *tower crane* dan radius *tower crane* memiliki pengaruh pada biaya operasional *tower crane*. *Tower crane* yang memiliki radius yang besar memiliki harga sewa lebih mahal dibandingkan dengan yang lebih kecil radiusnya. Perbedaan penelitian dengan referensi penelitian ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Penelitian

| No | Judul | Perbedaan |
|----|---|--|
| 1 | Optimasi Penempatan Group <i>Tower crane</i> pada Proyek Pembangunan My Tower Surabaya (Septiawan dan Nurcahyo, 2017) | <ul style="list-style-type: none"> a. Bertujuan untuk (1) menentukan titik lokasi penempatan Group <i>Tower crane</i> dengan 3 skenario peletakan dan (2) Biaya operasional untuk Group <i>Tower crane</i>. b. Jumlah <i>Tower crane</i>: 2 unit. c. Parameter: (1) Indeks konflik, (2) Keseimbangan beban kerja. |
| 2 | Analisa Produktivitas <i>Tower crane</i> pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya (Amalia dan Purwadi, 2017) | <ul style="list-style-type: none"> a. Bertujuan untuk (1) menganalisis Produktivitas <i>Tower crane</i> dan (2) mengetahui faktor yang mempengaruhi Produktivitas <i>Tower crane</i>. b. Jumlah <i>Tower crane</i> adalah 4 unit. c. Parameter: (1) Waktu siklus, dan (2) Beban muatan. d. Menggunakan metode <i>regresi linier</i>. |
| 3 | Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat <i>Tower crane</i> dan <i>Mobile Crane</i> pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya (Ridha, 2011). | <ul style="list-style-type: none"> a. Bertujuan untuk (1) Mengetahui perbandingan biaya dan waktu pemakaian <i>tower crane</i> dengan <i>mobile crane</i>. b. Lokasi penelitian di Proyek Rumah Sakit haji Surabaya. c. Parameter: (1) Waktu siklus, dan (2) Beban muatan. |

| No | Judul | Perbedaan |
|----|---|---|
| 4 | Analisis Penggunaan <i>Tower crane</i> berbasis Kapasitas terhadap Efektivitas Waktu dan Efisiensi Biaya pada Pelaksanaan Proyek (Studi Kasus pada Proyek Bellini Tower Apartment Paltrow City Semarang) (Wibowo dan Gunawan, 2016) | <ul style="list-style-type: none"> a. Bertujuan untuk mengetahui efektifitas waktu dan efisiensi biaya berdasarkan pada kapasitas <i>tower crane</i> dan mengetahui penggunaan <i>tower crane</i> secara optimal dalam pelaksanaan pekerjaan struktur gedung. b. Menggunakan metode interview dan observasi lapangan. c. Membandingkan dua <i>tower crane</i> dengan kapasitas berbeda, yaitu 1,2 dan 2,4 ton. |
| 5 | Optimalisasi Lokasi untuk Group <i>Tower crane</i> pada Proyek Apartemen Guna Wangsa Surabaya (Rahman, 2012). | <ul style="list-style-type: none"> a. Bertujuan untuk memilih tipe <i>Tower crane</i> yang optimal. b. Parameter: (1) Lokasi penempatan <i>Tower crane</i>, (2) Produktivitas dan (3) Biaya operasional. |

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 PROYEK

3.1.1 Pengertian Proyek

Proyek adalah suatu kegiatan yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumber daya tertentu sesuai dengan *budget* yang ditetapkan untuk mencapai sasaran yang ditentukan pula. Perencanaan pelaksanaan dari proyek satu dengan yang lain berbeda karena sifat proyek tersebut, sehingga dalam perencanaan proyek harus benar-benar dikerjakan dengan persiapan yang matang sehingga dapat dicapai efisiensi yang tinggi (Soeharto, 1995).

Konstruksi adalah kegiatan yang tidak lepas dari suatu resiko, termasuk di dalamnya adalah pemakaian alat berat dengan biaya yang tidak sedikit. Walaupun untuk proyek kecil, peralatan yang mahal sering digunakan dan angka disini mempengaruhi angka kontrak. Kemampuan kontraktor untuk membuat perencanaan yang matang terhadap pemakaian berbagai peralatan disini akan membantu kontraktor untuk mengoptimalkan pemakaiannya sehingga mampu memenangkan proses *tender* (Peurifoy, 1996).

Perencanaan yang tepat mengenai letak berbagai peralatan konstruksi disini dipercaya sebagai kunci dari efisiensi produktivitas. Perencanaan perletakan yang mana mendefinisikan mengenai tipe peralatan, kuantitas alat, posisi dari peralatan yang digunakan, *storage area* dan -fabrikasi sangat berpengaruh dalam hal produktivitas, biaya dan durasi dari pekerjaan konstruksi (Tam dan Leung, 2008).

3.2 PERALATAN PROYEK

3.2.1 Pengertian Peralatan Proyek

Peralatan proyek adalah segala peralatan yang digunakan dalam melaksanakan proyek untuk mempermudah dan mempercepat setiap pekerjaan. Alat berat merupakan

alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat. Alat berat dikategorikan menjadi beberapa klasifikasi yaitu alat berat fungsional dan alat berat operasional (Laksono dan Syahbana, 2011).

Ditulis pada penelitian laksono dan Syahbana (2011), berdasarkan fungsinya, alat berat dibedakan kedalam 7 (tujuh) jenis, yaitu :

1. Alat pengolah lahan

Kondisi lahan proyek kadang-kadang masih merupakan lahan asli yang harus dipersiapkan sebelum lahan tersebut mulai diolah. Jika lahan masih terdapat semak atau pepohonan maka pembukaan lahan dapat dilakukan dengan menggunakan *dozer*. Untuk pengangkatan lapisan tanah paling atas dapat digunakan *scraper*. Sedangkan untuk pembentukan permukaan lahan agar rata selain *dozer* dapat digunakan *motor grader*.

2. Alat penggali

Jenis alat ini dikenal juga dengan istilah *excavator*. Beberapa alat berat digunakan untuk menggali tanah dan batuan. Yang termasuk didalam kategori ini adalah *front shovel*, *backhoe*, *dragline*, dan *clamshell*.

3. Alat Pengangkut Material.

Crane termasuk didalam kategori alat pengangkut material karena alat ini dapat mengangkut material secara vertikal dan kemudian memindahkannya secara horisontal pada jarak jangkauan yang relatif kecil. Untuk pengangkutan material lepas (*loose material*) dengan jarak tempuh yang relatif jauh, alat yang dapat digunakan berupa *belt*, *truck* dan *wagon*. Alat-alat ini memerlukan alat lain yang membantu memuat material kedalamnya.

4. Alat Pemindah Material

Yang termasuk dalam kategori ini adalah alat yang biasanya tidak digunakan sebagai alat transportasi, tetapi digunakan untuk memindahkan material dari satu alat ke alat lainnya. Contoh alat berat yang masuk dalam kategori ini contohnya adalah *loader* dan *dozer*.

5. Alat Pemadat

Jika pada suatu lahan dilakukan penimbunan maka pada lahan tersebut perlu dilakukan pemadatan. Pemadatan juga dilakukan untuk pembuatan jalan, baik untuk jalan tanah dan jalan dengan perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Yang termasuk sebagai alat pemadat adalah *tamping roller*, *pneumatictired roller*, dan *compactor*.

6. Alat Pemroses Material

Alat ini dipakai untuk mengubah batuan dan mineral alam menjadi suatu bentuk dan ukuran yang diinginkan. Hasil dari alat ini misalnya adalah batuan bergradasi, semen, beton, dan aspal. Yang termasuk dalam alat ini adalah *crusher*, dan *concrete mixer truck*. Alat yang dapat mencampur material-material di atas juga di kategorikan ke dalam alat pemroses material seperti *concrete batch plant* dan *asphalt mixing plant*.

7. Alat Penempat Akhir Material

Alat digolongkan pada kategori ini karena fungsinya yaitu untuk menempatkan material pada tempat yang telah ditentukan. Di tempat atau lokasi ini material disebar-kan secara merata dan dipadatkan sesuai dengan spesifikasi yang telah di tentukan. Yang termasuk di dalam kategori ini adalah *concrete spreader*, *asphalt paver*, *motor grader* dan alat pemadat.

3.2.2 Produktivitas Peralatan

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*). Empat hal yang mutlak untuk

diperhitungkan dalam menentukan alat berat yang akan digunakan adalah (Alifen, 2012).

1. Kapasitas alat berat
2. Kapasitas alat angkut
3. Waktu siklus
4. Faktor operator

Efektivitas alat dapat tergantung dari beberapa hal, antara lain kemampuan operator alat berat, pemilihan dan pemeliharaan alat, perencanaan dan pengaturan letak alat, topografi, kondisi cuaca, dan metode pelaksanaan. Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat (Rostiyanti, 2008).

Rumus dasar untuk mencari produktivitas alat adalah (Rostiyanti, 2008):

$$Produktivitas = \frac{Kapasitas}{Waktu siklus} \dots\dots\dots (3.1)$$

3.3 TOWER CRANE

Tower crane merupakan salah satu peralatan dalam pelaksanaan konstruksi memegang peran yang cukup besar dalam hal pengangkutan material dan merupakan peralatan terkritis dari pelaksanaan suatu gedung bertingkat sehingga menuntut perencanaan yang tepat. Pemakaian *tower crane* memerlukan pertimbangan perencanaan yang matang karena *tower crane* disini diletakkan secara tetap pada suatu lokasi selama aktivitas konstruksi dikerjakan. *Tower crane* harus mampu melayani semua titik permintaan dari posisinya yang tetap. Perencana harus dapat memastikan bahwa pengangkutan material disini dapat dipenuhi dalam radius yang disediakan *tower crane* (Peurifoy, 1996).

Setiap penggunaan alat berat seperti *tower crane* memerlukan biaya operasional yang cukup besar. Salah satu faktor yang mempengaruhi biaya adalah lamanya waktu pemakaian alat tersebut, sehingga kontraktor harus merencanakan waktu dengan baik. Waktu dalam ilmu proyek sangatlah penting. Waktu merupakan salah satu batasan dalam suatu proyek konstruksi yang kaitannya dengan produktivitas

dan volume pekerjaan yang telah dikerjakan per satuan waktu (Rahman, 2012).

3.3.1 Jenis *Tower crane*

Menurut Chudley dan Greeno (2004) jenis *tower crane* memiliki banyak model yang disesuaikan dengan kondisi proyek. Ada empat jenis *tower crane* yaitu:

1. *Self Supporting Static Tower crane*

Sesuai dengan namanya, *tower crane* jenis ini berdiri di atas pondasi yang diam di tanah. Kemampuan mengangkut barang yang berat dan jangkauan yang luas membuat *tower crane* ini cocok untuk proyek dengan lahan terbuka yang luas.

2. *Supported Static Tower crane*

Memiliki sistem kerja yang serupa dengan *self supporting static tower crane*, dan digunakan jika diperlukan pengangkatan material ke tempat yang sangat tinggi. Bagian *mast* atau *tower* dari *tower crane* jenis ini diikatkan ke bangunan untuk memberikan tambahan stabilitas.

3. *Travelling Tower crane*

Tower crane jenis ini bisa berpindah tempat, karena didirikan diatas *bogi* roda (sejenis roda kereta api) dan berjalan sepanjang rel. Karena dapat bergerak sepanjang rel, *tower crane* ini dapat menjangkau area proyek yang jauh lebih luas dari pada *tower crane* yang diam di tempat. Namun karena berjalan di atas rel, maka lokasi proyek haruslah dibuat cukup rata agar *tower crane* berjalan.

4. *Climbing Tower crane*

Biasa digunakan di bangunan tinggi, *tower crane* jenis *climbing* diletakkan di dalam struktur bangunan yang dibangun. Seiring bertambah tingginya bangunan yang dibangun, *tower crane* juga ikut bertambah tinggi.

3.3.2 Bagian-Bagian *Tower crane*

Menurut Rostiyanti (2008) bagian-bagian *tower crane* terdiri dari :

1. *Base*
Merupakan tempat kedudukan *tower crane* yang berfungsi menahan gaya aksial dan gaya tarik, berupa blok beton atau tiang pancang.
2. *Base section*
Bagian paling dasar dari badan *tower crane* yang langsung dipasang atau dijangkar ke pondasi.
3. *Mast section*
Bagian dari badan *tower crane* yang berupa segmen kerangka yang dipasang untuk menambah ketinggian *tower crane*.
4. *Climbing frame*
Bagian dari badan *tower crane* yang berfungsi sebagai penyangga saat penambahan *massa*.
5. *Support seat*
Merupakan tumpuan atau dudukan yang menyokong *slewing ring* dalam mekanisme putar, terdiri dari bagian atas (*upper*) dan bagian bawah (*lower*).
6. *Slewing ring*
Merupakan alat yang dapat berputar 360° , berperan dalam mekanisme putar.
7. *Slewing mast*
Merupakan alat yang ikut berputar bersama *jib*, terletak di bawah *cat head*.
8. *Cat head*
Puncak *tower crane* berfungsi sebagai tumpuan kabel *jib* dan *counter jib*.
9. *Jib*
Lengan pengangkut beban dengan panjang bermacam-macam tergantung kebutuhan.
10. *Counter jib*
Lengan penyeimbang terhadap beban momen dari *lattice jib*.
11. *Counter weight*
Blok beton yang merupakan pemberat, yang dipasang pada ujung *counter jib*.

12. *Cabin set*

Ruang operator pengendali *tower crane*.

13. *Access ladder*

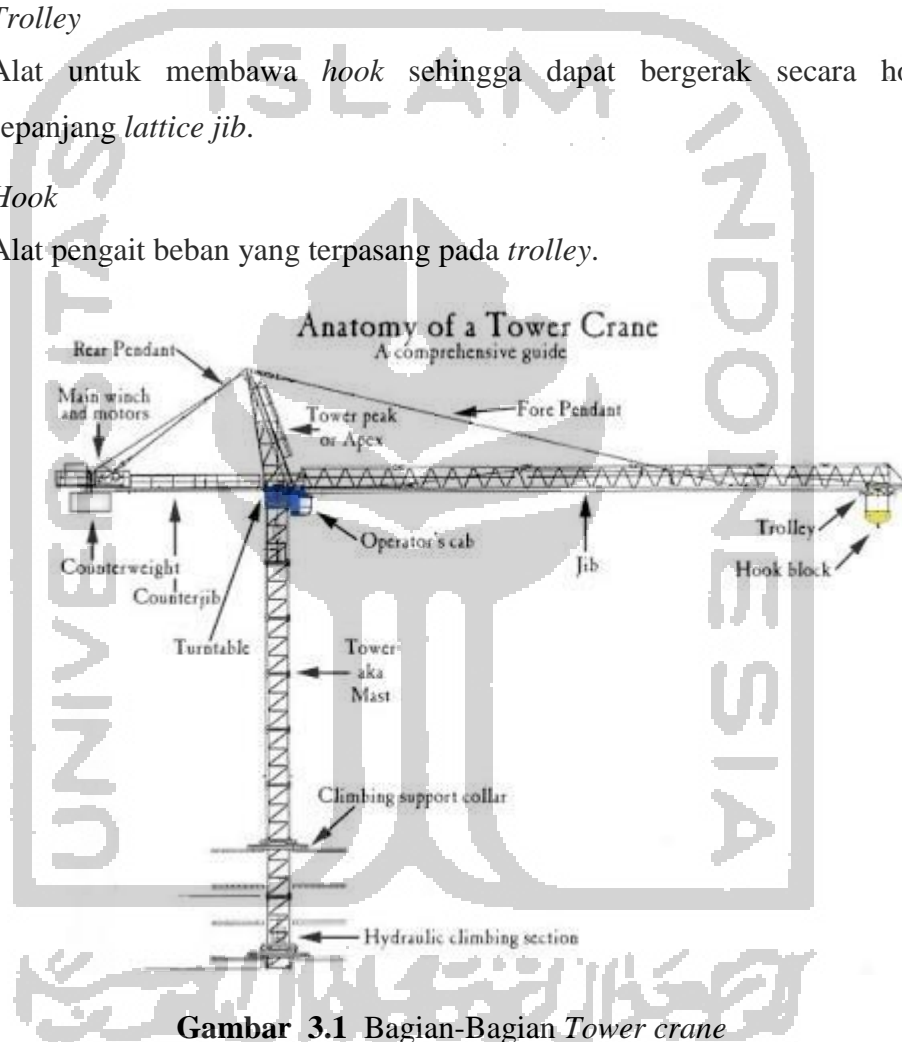
Tangga vertikal yang berfungsi sebagai akses bagi operator menuju *cabin set*, terletak di bagian *mast section*.

14. *Trolley*

Alat untuk membawa *hook* sehingga dapat bergerak secara horisontal sepanjang *lattice jib*.

15. *Hook*

Alat pengait beban yang terpasang pada *trolley*.



Gambar 3.1 Bagian-Bagian *Tower crane*

(Sumber: <https://www.cranecrews.com>)

3.3.3 Mekanisme Kerja *Tower crane*

Menurut Rostiyanti (2008), mekanisme kerja *tower crane* meliputi langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mekanisme angkat (*hoisting mechanism*)

Mekanisme ini digunakan untuk mengangkat beban.

2. Mekanisme putar (*slewing mechanism*)

Mekanisme yang digunakan untuk memutar *jib* dan *counter jib* sehingga dapat mencapai radius yang diinginkan.

3. Mekanisme jalan dari *trolley* (*trolley traveling mechanism*)

Mekanisme ini digunakan untuk menjalankan *trolley* maju dan mundur sepanjang *jib*.

4. Mekanisme jalan (*traveling mechanism*)

Mekanisme yang digunakan untuk menjalankan kereta untuk *traveling tower crane*.

3.3.4 Kapasitas *Tower crane*

Besarnya muatan yang dapat diangkat oleh *tower crane* telah diatur dan ditetapkan dalam manual operasi *tower crane* yang dikeluarkan oleh pabrik pembuat *tower crane*. Prinsip dalam penentuan beban yang bisa diangkat adalah berdasarkan prinsip momen. Jadi jarak dan ketinggian tertentu *tower crane* memiliki momen batas yang tidak boleh dilewati. Panjang lengan muatan dan daya angkut muatan merupakan suatu perbandingan yang bersifat *linear*. Perkalian panjang lengan dan daya angkut maksimum pada setiap titik adalah sama dan menunjukkan kemampuan momen yang bisa diterima *tower crane* tersebut. Semakin berat beban yang harus diangkat maka radius operasi yang dapat dicapai juga akan semakin kecil (Rostiyanti, 2008).

3.3.5 Pemilihan *Tower crane*

Pemilihan *tower crane* sebagai alat untuk memindahkan material berdasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tidak terjangkau oleh alat lain, dan tidak dibutuhkan pergerakan alat. Pemilihannya harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal tersebut dikarenakan dalam pengoperasiannya *tower crane* harus diletakkan disuatu 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. Selain itu pada saat proyek telah selesai, pembongkaran *tower crane* harus dapat dilakukan dengan mudah. Pemilihan jenis *tower crane* yang akan dipakai harus mempertimbangkan (Rostiyanti, 2008):

1. Situasi dari proyek (ruang yang ada, batasan lokasi, alat-alat lain yang ada).

2. Bentuk dari struktur bangunan.
3. Ketinggiann struktur bangunan yang dikerjakan.
4. Radius yang dapat dijangkau oleh *tower crane* yang digunakan.

3.3.6 Faktor-Faktor Posisi *Tower crane*

Faktor-faktor yang mempengaruhi posisi *tower crane* (Rostiyanti, 2008):

1. Keamanan untuk kepentingan keamanan dan efisiensi maka posisi *tower crane* diletakkan sejauh mungkin dari *tower crane* yang lain.
2. Kapasitas *tower crane* yang mana kapasitas angkat *tower crane* ditentukan dari kurva radius beban dimana semakin besar beban maka semakin kecil radius operasinya.
3. Ruang kerja, yang mana jika ruang kerja semakin kecil maka dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya hambatan dan tabrakan.
4. Lokasi *Supply* dan *Demand*
Lokasi Penyediaan (*Supply*) material dan lokasi yang membutuhkan (*Demand*) harus ditentukan terlebih dahulu.
5. *Feasible Area*
Feasible Area merupakan area yang paling memungkinkan untuk menempatkan *tower crane*.

3.4 PRODUKTIVITAS TOWER CRANE

Produktivitas adalah perbandingan antara hasil yang dicapai (*output*) dengan seluruh sumber daya yang digunakan (*input*). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat berat. Output merupakan hasil pekerjaan yang dicapai oleh *tower crane*, dalam hal ini adalah besarnya material yang berhasil dipindahkan. Output dihitung dan dinyatakan dalam satuan kilogram. Sedangkan input adalah sumber daya yang digunakan *tower crane* untuk memindahkan material berupa waktu siklus alat. Produktivitas dinyatakan dalam satuan kg/jam. Produktivitas *tower crane* ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut (Asiyanto, 2008):

$$Produktifitas = \frac{Output}{Input} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

Output = berat material (kg)

Input = waktu siklus (jam)

Produktivitas rata-rata menunjukkan besarnya nilai rata-rata produktivitas dalam beberapa hari (Amalia, S.D.; Purwadi, D., 2017).

$$Produktivitas \text{ rata - rata} = \frac{Total \text{ Produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

N = Jumlah hari

3.4.1 Berat muatan

Berat muatan yang dapat diangkut *tower crane* dapat dinyatakan dalam satuan kg (kilogram). Muatan yang diperhitungkan dalam penelitian diantaranya: (1) Berat beton segar, (2) Bekisting, (3) Pembesian. Berat muatan ditentukan dengan melakukan estimasi perhitungan.

3.4.1.1 Berat beton segar

Berat beton segar adalah berat keseluruhan beton yang masih segar yang akan digunakan untuk proses pengecoran. Berat beton segar (W_{BS}) ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Hatimah, 2013):

$$W_{BS} = V(m^3) \times \rho_{BS} (kg/m^3) \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana:

W_{BS} = Berat Beton Segar (kg)

V = Volum Beton Segar (m^3)

ρ_{BS} = Berat Jenis Beton Segar (2325 kg/m^3)

3.4.1.2 Berat bekisting

Berat *bekisting* adalah berat keseluruhan kayu *bekisting* yang akan digunakan

untuk proses pengecoran. Berat *bekisting* ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{BK} = V(m^3) \times \rho_{BK} (kg/m^3) \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

W_{BK} = Berat *bekisting* (kg)

V = Volume *bekisting* (m^3)

ρ_{BK} = Berat Jenis Kayu *bekisting* (1000 kg/m^3).

3.4.1.3 Berat pembesian

Berat *pembesian* adalah berat keseluruhan rangka pembesian yang akan digunakan untuk proses pengecoran. Berat pembesian ditentukan dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{Pb} = L(m) \times \rho_{PB} (kg/m) \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana:

W_{Pb} = Berat Pembesian (kg)

L = Panjang pembesian (m)

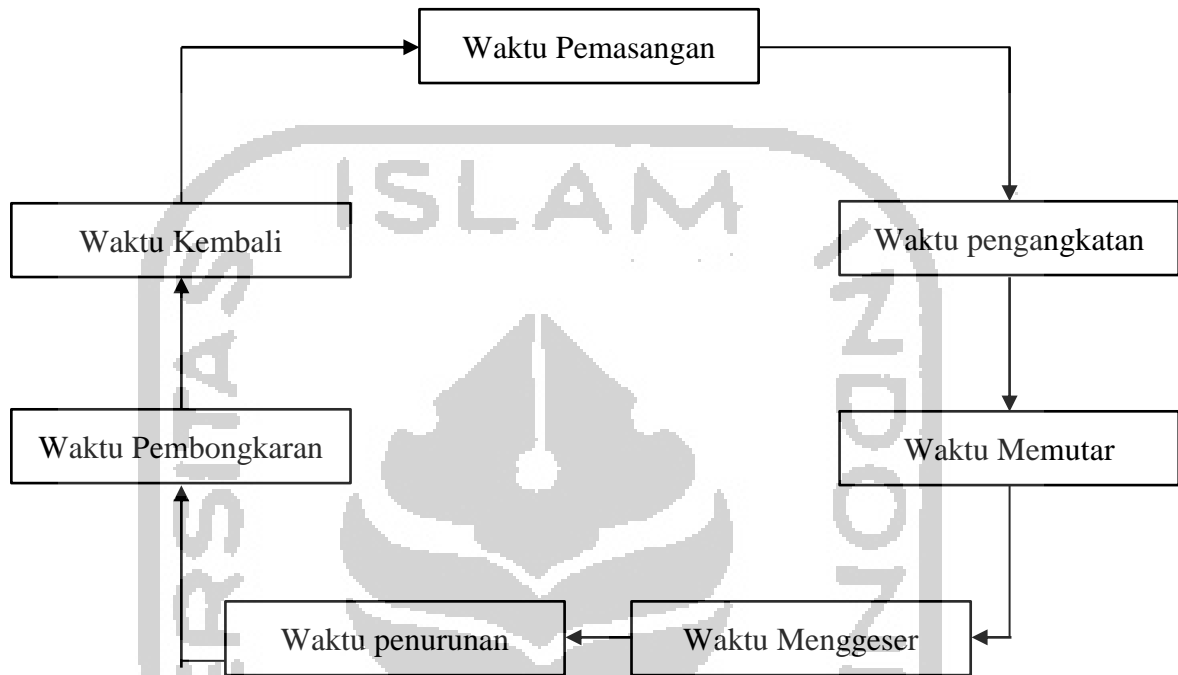
ρ_{PB} = Berat Jenis Besi D22 (2985 kg/m).

3.4.2 Waktu Siklus

Siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama di dalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali lagi ke kegiatan awal. Semua kegiatan tersebut dapat dilakukan satu alat atau oleh beberapa alat. Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan di atas disebut waktu siklus atau *cycle time* (Asiyanto, 2008).

Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur, yaitu waktu muat/ *loading time*, waktu pemindahan/ *hauling time*, waktu pembongkaran/ *dumping time* dan waktu kembali/ *return time* (RT) (Asiyanto, 2008).

Waktu siklus = waktu pemasangan + waktu pemindahan + waktu bongkar + waktu kembali.



Gambar 3.2 Waktu Siklus *Tower crane*

Pada dasarnya *tower crane* memiliki empat gerakan pemindahan, yaitu gerakan naik (*hoisting mechanism*), gerakan memutar (*slewing mechanism*), dan gerakan mendatar (*trolley mechanism*) (Rostiyanti, 2008). Untuk menentukan lamanya waktu perpindahan tersebut, digunakan rumus sebagai berikut:

- a. Waktu tempuh vertikal (T_v).

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

T_v = waktu tempuh vertikal (menit)

D_v = jarak tempuh vertikal (m)

V_v = Kecepatan naik/*hoist* (m/menit)

- b. Waktu tempuh rotasi (T_r)

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana:

T_r = waktu tempuh rotasi (menit)

D_r = jarak tempuh rotasi (radian)

V_r = Kecepatan putar/*slewing* (rad/menit)

c. Waktu tempuh horisontal (T_h)

$$T_h = \frac{D_h}{V_h} \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana:

T_h = waktu tempuh horisontal (menit)

D_h = jarak tempuh horisontal (m)

V_h = Kecepatan geser horisontal (*trolley*) (m/menit)

3.5 BIAYA OPERASIONAL ALAT BERAT

Biaya pengoperasian alat akan timbul saat alat berat dipakai. Biaya pengoperasian meliputi biaya bahan bakar, gemuk/*grease*, pelumas, perawatan dan perbaikan, serta alat penggerak atau roda. Operator yang mengoperasikan alat berat termasuk dalam biaya operasional. Selain itu mobilisasi dan demobilisasi alat berat juga merupakan biaya pengoperasian alat berat (Rostiyanti, 2008).

3.5.1 Bahan Bakar

Jumlah bahan bakar untuk alat berat yang menggunakan bensin atau solar berbeda-beda. Rata-rata alat yang menggunakan bahan bakar bensin 0,06 galon per *horse power* per jam, sedangkan alat yang menggunakan bahan bakar solar mengonsumsi bahan bakar 0,04 galon per *horse power* per jam. Nilai yang didapatkan kemudian dikalikan dengan faktor pengoperasian. Rumus penggunaan bahan bakar per jam adalah sebagai berikut (Rostiyanti, 2008):

$$BBM \text{ solar} = 0,04 \times HP \times eff \dots\dots\dots (3.10)$$

Dimana:

HP : *Horse power*

Eff : *Efisiensi mesin*

3.5.2 Pelumas

Perhitungan penggunaan pelumas per jam (Q_p) biasanya berdasarkan jumlah waktu operasi dan lamanya penggantian pelumas. Perkiraannya dihitung dengan rumus (Rostiyanti, 2008):

$$Q_p = \frac{f \times hp \times 0,006}{7,4} + \frac{c}{t} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dimana:

HP : *Horse power*

c : Kapasitas *crankcase*

t : Lama penggunaan pelumas

f : Faktor pengoperasian

3.5.3 Gemuk/Grease

Biaya kebutuhan gemuk/*grease* pada alat berat ditentukan dengan rumus sebagai berikut (Rostiyanti, 2008):

$$Grease = g \times h \dots \dots \dots (3.12)$$

dimana:

g : Kebutuhan *grease* (kg/jam)

h : Harga *grease* per kg (Rp).

3.5.4 Pemeliharaan dan Perawatan

Perbedaan mendasar dari pemeliharaan dan perawatan adalah pada besarnya pekerjaan. Perbaikan besar (*major repair*) akan mempengaruhi nilai depresiasi alat dan umur alat berat. Perbaikan besar ini dihitung pada alat berat. Di sisi lain, perbaikan kecil (*minor repair*) merupakan pemeliharaan normal yang dihitung pada pekerjaan (Rostiyanti, 2008).

Total biaya perbaikan untuk alat yang bekerja berat = 90% harga alat, sedangkan untuk alat yang bekerja ringan = 60% harga alat. Penyebaran biaya perbaikan per tahun dibuat menurun sesuai dengan jumlah digit tahun (Asiyanto, 2008).

Contoh:

Buldozer seharga Rp 2.000.000.000,00

Umur ekonomi alat adalah 5 tahun

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

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

Tahun 4 = $4/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 24\%$ Harga alat

Tahun 5 = $5/15 \times 90\% \times \text{harga alat} = 30\%$ Harga alat

Biaya perbaikan per jam, dibagi standar jam kerja per tahun. Biaya perbaikan ini termasuk semua suku cadang dan mekanik (biasanya mekanik 34% dan suku cadang 64%).

3.5.5 Biaya Operator

Biaya operator meliputi upah serta biaya ekstra untuk asuransi bila ada. Biaya operator biasa dinyatakan dalam satuan perjam (Asiyanto, 2008).

$$\text{Biaya (per jam)} = \text{Upah bulanan} \div \text{jam kerja sebulan} \dots\dots\dots (3.13)$$

Biaya operator tergantung pada jumlah tenaga yang dikerjakan pada satu alat dan bergantung pada sistem penggajian perusahaan bersangkutan, bisa per jam, per hari atau per satuan pekerjaan (Asiyanto, 2008).

3.5.6 Mobilisasi dan Demobilisasi

Mobilisasi adalah pengadaan alat ke proyek konstruksi dan *demobilisasi* adalah pengembalian alat dari proyek setelah alat tersebut tidak digunakan kembali. Jadi biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk mengangkut alat antara proyek dan garasi atau tempat penyimpanan alat. Biaya ini perlu diperhitungkan karena alat-alat berat umumnya, kecuali truk tidak berjalan sendiri menuju lokasi proyek tetapi diangkut dengan menggunakan *lowbed trailer* (Rostiyanti, 2008).



BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 METODE PENELITIAN

Metode penelitian Analisis Perbandingan Produktivitas *Tower Crane* pada Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah Di Yogyakarta menggunakan analisis metode deskriptif kuantitatif.

4.2 TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian dilakukan di lokasi Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta. Lokasi proyek memiliki alamat di Jalan Ahmad Yani (*Ring Road Selatan*) Yogyakarta.

Pelaksanaan penelitian dilakukan pada awal bulan Agustus 2018 sampai dengan pertengahan bulan Desember 2018 dalam Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah Yogyakarta. Pelaksanaan penelitian dimulai dari tahap persiapan penelitian, penyusunan proposal penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, dan penyusunan laporan akhir penelitian.

4.3 TAHAPAN PENELITIAN

Guna mencapai tujuan penelitian, pelaksanaan penelitian harus dilakukan dengan sistematis sesuai dengan urutan-urutannya. Tahapan penelitian adalah sebagai berikut:

4.3.1 Perumusan Masalah dan Identifikasi

Perumusan masalah diawali dengan adanya latar belakang yang menjadikan suatu masalah menjadi menarik untuk dilakukan penelitian. Perumusan masalah dilakukan dengan melakukan studi literatur dan observasi lapangan prapenelitian. Masalah dirumuskan dengan sistematis dan dilakukan identifikasi yang detail dan mudah dipahami.

4.3.2 Pengumpulan Data

Penelitian Analisis Perbandingan produktivitas *Tower crane* pada Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta merupakan penelitian yang menggunakan data-data kuantitatif. Data kuantitatif adalah data penelitian yang mampu diukur nilainya dengan menggunakan angka. Data yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang di peroleh secara langsung dari sumber asli (tanpa perantara). Data primer dikumpulkan dengan metode wawancara dan pengamatan langsung di lapangan. Wawancara dilakukan dengan karyawan proyek yang memiliki keahlian dan kompetensi dalam proyek tersebut. Data primer dalam penelitian ini meliputi :

- a. Harga Potain FO 23/B.
- b. Upah operator *tower crane*.
- c. Biaya mobilisasi dan demobilisasi.
- d. Umur alat berat.
- e. Harga solar.
- f. Harga oli pelumas.
- g. Waktu siklus Potain FO 23/B.

Waktu siklus *tower crane* diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung di lapangan dan mencatat waktunya. Pengamatan waktu siklus terdiri atas: (1) waktu pengangkatan/*hoisting*, (2) waktu menggeser/*trolley*, (3) waktu memutar/ *slewing*, (4) waktu menurun/ *landing*, (5) waktu pasang, (6) waktu pembongkaran dan (7) waktu kembali.

2. Data Sekunder

Data Sekunder merupakan data primer yang telah diolah lebih lanjut dan disajikan baik oleh pihak pengumpul data primer atau oleh pihak lain. Data sekunder diperoleh dengan menggali informasi dari dokumen dari manajemen proyek,

katalog alat berat, penelitian lain, dan internet. Data sekunder yang diperlukan dalam penelitian diantaranya :

- a. Spesifikasi *tower crane* Potain dan XCMG FO 23/B.
- b. Harga *tower crane* XCMG FO 23/B.
- c. Harga alat berat.
- d. Gambar desain bangunan.

Tipe spesifikasi *Tower crane* alternatif ditentukan adalah XCMG FO/23B. Tipe ini dipilih sebagai alternatif perbandingan dalam penelitian karena (1) Ketersediaan penyewaan tipe ini di Indonesia, (2) Memiliki panjang lengan yang sama dengan *tower crane* Potain FO/23B, dan (3) Ketersediaan spesifikasi dari perusahaan penyedia alat berat.

4.3.3 Perhitungan dan Pengolahan Data

Langkah selanjutnya adalah perhitungan dan pengolahan data. Perhitungan dan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan program *Microsoft excel* versi 2010. Pada penelitian ini, terdapat berbagai macam perhitungan sebagai berikut:

1. Perhitungan Produktivitas.

Perhitungan produktivitas alat berat dilakukan pada kedua *tower crane*. *Tower crane* yang pertama memiliki tipe Potain FO 23/B di lapangan, dan kedua adalah tipe XCMG FO 23/B. Pada dasarnya cara perhitungan produktivitas kedua *tower crane* adalah sama, yaitu menggunakan rumus 3.2.

Pada perhitungan *tower crane* Potain di lapangan menggunakan waktu siklus yang berasal dari pengamatan langsung di tempat proyek pembangunan dilakukan. Sedangkan, perhitungan waktu siklus pada *tower crane* XCMG alternatif menggunakan rumus 3.7, rumus 3.8, dan rumus 3.9.

Untuk kepentingan perbandingan produktivitas kedua *tower crane*, digunakan asumsi bahwa volum pekerjaan yang diangkut *tower crane* memiliki berat yang sama. Perhitungan volum pekerjaan pada kedua *tower crane* mengikuti rumus 3.4, rumus 3.5 dan rumus 3.6.

2. Perhitungan Biaya Operasional.

Biaya operasional meliputi biaya bahan bakar, gemuk/*grease*, pelumas, perawatan dan perbaikan, serta alat penggerak atau roda. Operator yang mengoperasikan alat berat termasuk dalam biaya operasional. Selain itu mobilisasi dan demobilisasi alat berat juga merupakan biaya pengoperasian alat berat (Rostiyanti, 2008). Perhitungan biaya bahan bakar mengikuti rumus 3.10. Perhitungan biaya minyak pelumas mengikuti rumus 3.11. Perhitungan penggunaan gemuk atau *grease* menggunakan rumus 3.12. Untuk menghitung biaya pemeliharaan dan perawatan alat berat, digunakan rumus seperti yang ada di bagian dasar teori. Sedangkan biaya operator dan biaya mobilisasi langsung dibagi menurut biaya setiap jamnya.

4.3.4 Pembahasan

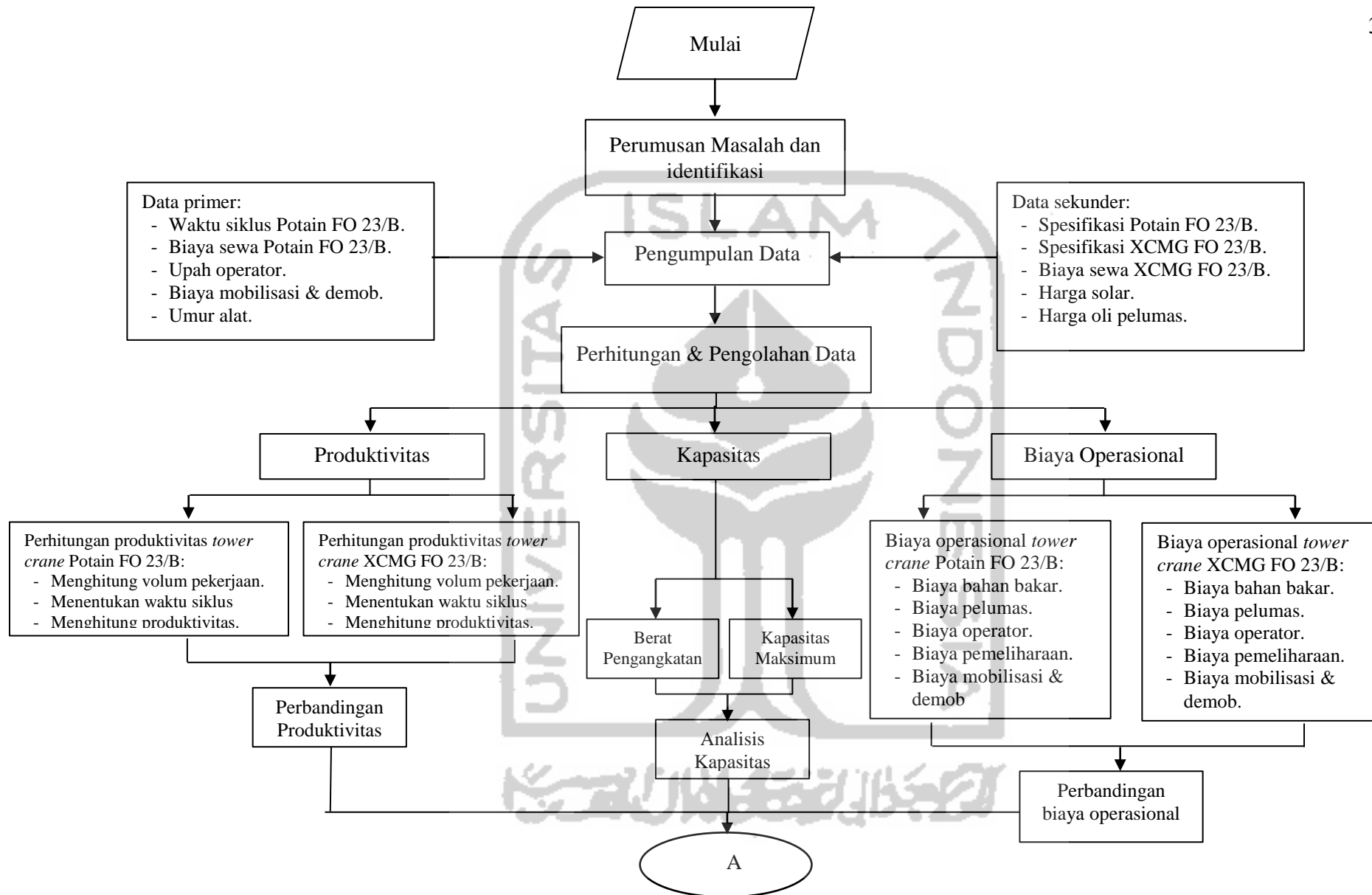
Pembahasan dilakukan setelah perhitungan dan pengolahan data selesai dilakukan. Analisis dan pembahasan akan membahas tiga sub bahasan, yaitu:

1. Pembahasan mengenai perbandingan antara produktivitas *tower crane* Potain FO 23/B di lapangan dengan *tower crane* XCMG FO 23/B alternatif.
2. Pembahasan mengenai kapasitas material yang diangkut terhadap kapasitas maksimum *tower crane*.
3. Pembahasan mengenai perbandingan antara biaya operasional *tower crane* Potain FO 23/B di lapangan dengan *tower crane* XCMG FO 23/B alternatif.

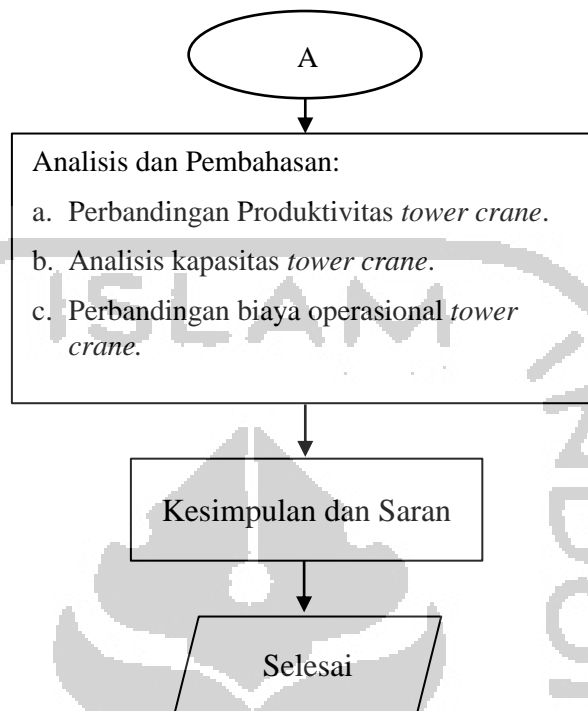
4.3.5 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan bab penutup dalam penelitian. Pada bab ini berisi mengenai hasil kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk penelitian terkait di masa yang akan datang.

Tahapan-tahapan yang telah dijelaskan diatas secara sistematis dan urut ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tahapan Penelitian



Gambar 4.1 Tahapan Penelitian (lanjutan)

4.4 JADWAL PENELITIAN

Jadwal dan beban kerja penelitian yang berjudul Analisis Perbandingan Produktivitas *Tower crane* pada Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta ditunjukkan oleh Gambar 4.2.

Gambar 4.2 Jadwal Penelitian

| No | KEGIATAN | Bobot | Jam | Agustus 2018 | | | | September 2018 | | | | Oktober 2018 | | | | November 2018 | | | | Desember 2018 | |
|-----------------------------------|---|-------|-----|--------------|------|-------|-------|----------------|-------|-------|-------|--------------|-------|-------|-------|---------------|--------|--------|--------|---------------|--------|
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 |
| A Persiapan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Pencarian Data Prapenelitian | 3.7 | 5 | 1 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Pencarian Penelitian Terdahulu | 3.7 | 5 | 1 | 1 | 1 | 2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Menentukan Metode Penelitian | 5.9 | 8 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | | | |
| B Pengumpulan Data | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Pengumpulan Data Primer | 8.9 | 12 | | | | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | | | | | | | | | | |
| 2 | Pengumpulan Data Sekunder | 7.4 | 10 | | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | Penyusunan Proposal Tugas Akhir | 6.7 | 9 | | | | | | 2 | 2 | 2 | 3 | | | | | | | | | |
| C Analisis dan Pembahasan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Pengolahan Data Volume Pekerjaan, Waktu Siklus dan Jarak Tempuh | 11.9 | 16 | | | | | | | 2 | 4 | 3 | 4 | 3 | | | | | | | |
| 2 | Pengolahan Data Biaya Operasional | 10.4 | 14 | | | | | | | | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 | | | | | | |
| 3 | Perbandingan Spesifikasi TC | 10.4 | 14 | | | | | | | | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | | | | | |
| 4 | Perhitungan Produktivitas dan Biaya Operasional | 9.6 | 13 | | | | | | | | | | | 3 | 3 | 3 | 4 | | | | |
| 5 | Pembahasan dan Kesimpulan | 7.4 | 10 | | | | | | | | | | | | 3 | 2 | 3 | 2 | | | |
| D PENYUSUNAN LAPORAN AKHIR | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Draft Laporan Akhir | 7.4 | 10 | | | | | | | | | | | | | | 4 | 4 | 2 | | |
| 2 | Laporan Akhir | 6.7 | 9 | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 3 | 2 | |
| Jumlah | | 100.0 | 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Progress mingguan | | | | 2.00 | 3.00 | 5.00 | 7.00 | 7.00 | 9.00 | 8.00 | 14.00 | 10.00 | 11.00 | 11.00 | 12.00 | 8.00 | 7.00 | 6.00 | 8.00 | 5.00 | 2.00 |
| Progress kumulatif | | | | 2.00 | 5.00 | 10.00 | 17.00 | 24.00 | 33.00 | 41.00 | 55.00 | 65.00 | 76.00 | 87.00 | 99.00 | 107.00 | 114.00 | 120.00 | 128.00 | 133.00 | 135.00 |

BAB V

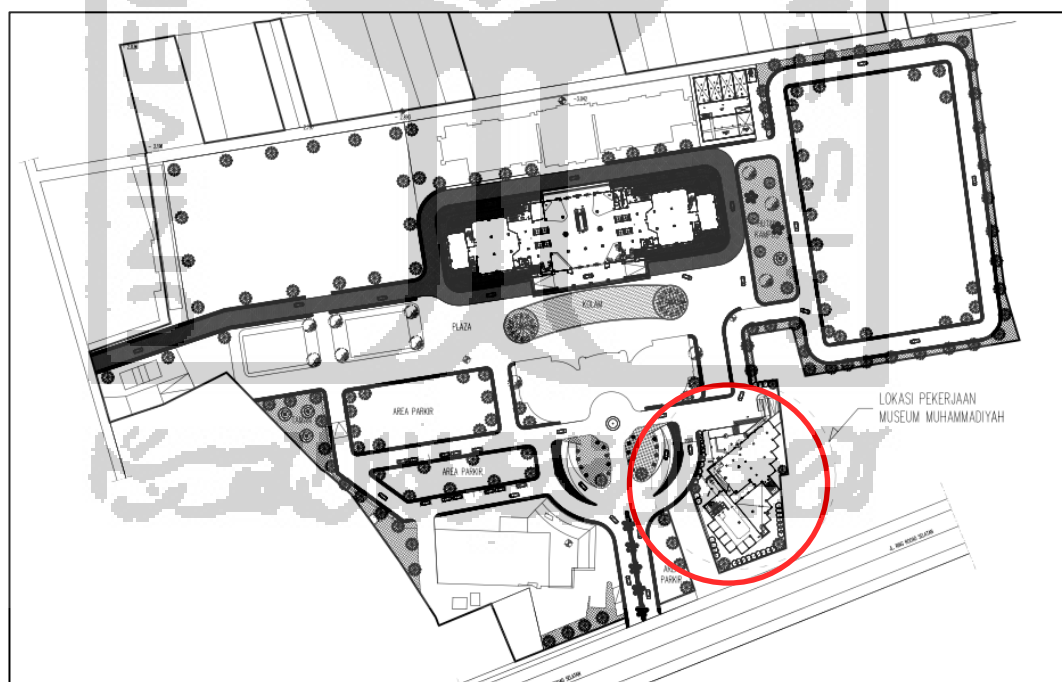
PEMBAHASAN

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.

BAB V

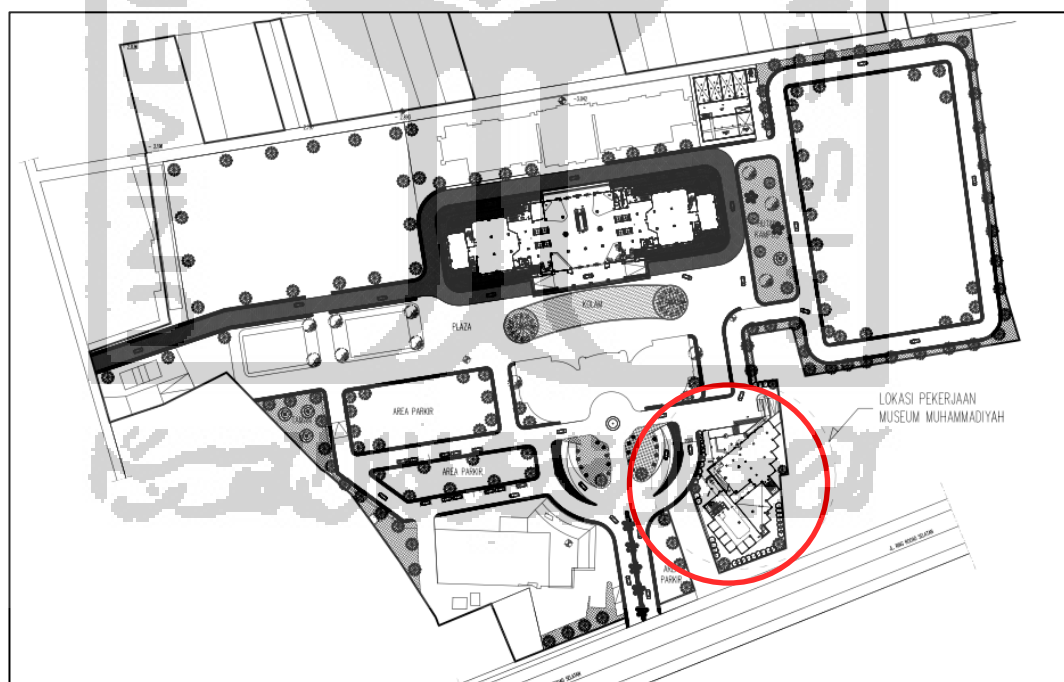
PEMBAHASAN

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:

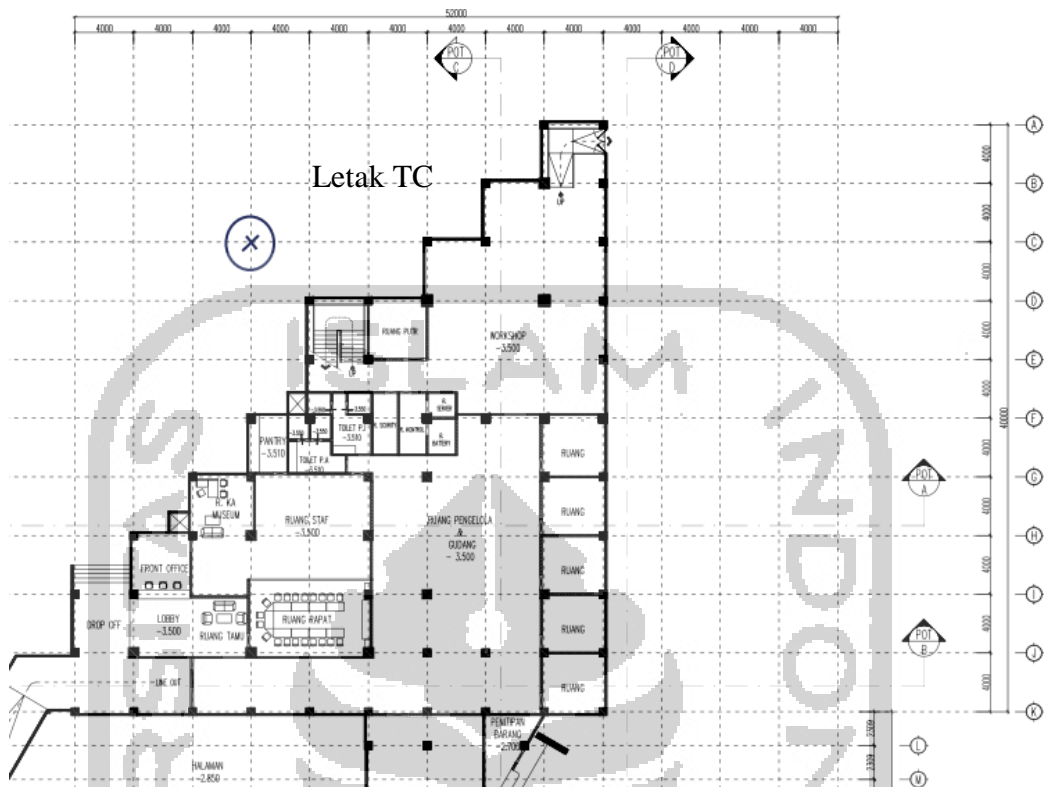
1. Nama Alat : *Tower crane*.
2. Merk : XCMG.
3. Type/model : FO/23B.
4. Buatan : China.
5. Kapasitas : *max load* 10 ton dan *tip load* 2,3 ton.
6. Umur ekonomis : 5 tahun.
7. Harga alat : Kisaran Rp 2 Milyar.

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.



(Sumber: Dokumentasi Proyek Pembangunan Museum Muhammadiyah, 2018)

Gambar 5.2 Letak *Tower crane* terhadap Bangunan

Tabel 5.1 Rekapitulasi Data Waktu Siklus

| No | Tanggal | Waktu Siklus (dtk) | |
|----|-----------|--------------------|-------|
| | | Potain | XCMG |
| 1 | 29-Oct-18 | 653 | 659 |
| 2 | 30-Oct-18 | 1.424 | 1.446 |
| 3 | 31-Oct-18 | 2.424 | 2.427 |
| 4 | 1-Nov-18 | 2.462 | 2.537 |
| 5 | 2-Nov-18 | 3.236 | 3.446 |
| 6 | 5-Nov-18 | 1.985 | 1.992 |
| 7 | 6-Nov-18 | 2.436 | 2.428 |
| 8 | 7-Nov-18 | 2.352 | 2.331 |
| 9 | 8-Nov-18 | 3.965 | 3.970 |
| 10 | 9-Nov-18 | 4.031 | 4.033 |
| 11 | 12-Nov-18 | 4.049 | 4.049 |

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 = $p_{\text{sisi miring}} \times 1 = 8,07 \text{ m} \times 3,75 \text{ m} = 30,23 \text{ m}^2$.

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.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Penelitian dengan judul Analisis Perbandingan Produktivitas *Tower crane* Pada Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta ini memiliki kesimpulan sebagai berikut:

1. Produktivitas *tower crane* Potain FO/23B di lapangan lebih besar dibandingkan dengan produktivitas *tower crane* XCMG FO/23B alternatif dengan selisih perbandingan sebesar 1,19 %.
2. Kapasitas berat pengangkatan kedua *tower crane* memiliki nilai lebih rendah dibandingkan batas kapasitas maksimum tower crane, sehingga kerja *tower crane* dinilai aman.
3. *Tower crane* Potain FO/23B di lapangan memiliki biaya operasional yang lebih besar dibandingkan dengan *tower crane* XCMG FO/23B yang mana memiliki selisih perbandingan sebesar 36,64 %.

6.2 Saran

Penelitian ini memiliki beberapa kekurangan yang sebaiknya diperbaiki untuk penelitian kedepannya agar lebih baik. Saran untuk penelitian selanjutnya yang memiliki tema sama dengan penelitian ini hendaknya peneliti sebaiknya dari awal memastikan jadwal pekerjaan di lapangan dengan pihak manajemen proyek agar dapat mengetahui rencana pekerjaan ke depannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi. 2011. *Pekerjaan Bekisting*. (<http://www.ilmusipil.com/pekerjaan-bekisting> Diakses 11 November 2018).
- Alifen, R. 2012. *Diktat Pelaksanaan dan Peralatan*. (<https://media.neliti.com/media/publications/76995-ID-produktivitas-alat-berat-pada-pekerjaan.pdf>. Diakses 10 Agustus 2018)
- Amalia, S. D. dan Purwadi, D. 2017. *Analisis Produktivitas Tower crane Pada Proyek Pembangunan Gedung Tunjungan Plaza 6 Surabaya*. (<http://jurnalmahasiswa.unesa.ac.id/index.php/rekayasa-tekniksipil/article/view/17692/16077>.Diakses 10 Agustus 2018).
- Anonim, 2018. *Konversi Satuan*.(<https://convertlive.com/id/u/mengkonversi/joule/ke/watt-detik>. diakses 03 Desember 2018).
- Asiyanto. 2008. *Manajemen Alat Berat untuk Konstruksi*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. 2007. *Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan*. SNI DT 91-0008-2007. Jakarta.
- Chudley, R. dan Greeno, R. 2004. *Building Construction Handbook, 5th Edition*. Elsevier Ltd. New York.
- Hatimah, H., 2013. *Laporan Praktikum Fisika Dasar I : Berat Jenis Zat Padat dan Zat Cair*.(https://www.academia.edu/7135787/Laporan_Praktikum_Berat_Jenis. Diakses 12 Desember 2018).
- Laksono, A. B. dan Syahbana, A.K. 2011. *Modul Teknik Pemeriksaan Pemeriksaan Alat*. (<https://www.scribd.com/doc/89470490/81571872-2011-DTSS-Teknik-Pemeriksaan-Pemeriksaan-Alat-Besar>. Diakses 17 Desember 2018).
- Nuryanto, A., 2012. *Studi Evaluasi Waktu dan Biaya pada Proyek DISPENDALOKA dengan menggunakan Metode Earned Value Concept*. Tugas Akhir. (Tidak diterbitkan). Institute Teknologi Nasional. Malang.
- Peurifoy, R., 1996. *Construction Planning, Equipment and Method, 5th Edition*.

McGraw-Hill International. New York City.

- Rahman, S., 2012. *Optimasi Lokasi Untuk Group Tower crane Pada Proyek Apartemen Guna Wangsa Surabaya*. Penelitian. (Tidak diterbitkan). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Ridha, M. 2011. *Perbandingan Biaya dan Waktu Pemakaian Alat Berat Tower crane dan Mobil Crane pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya*. Penelitian. (Tidak diterbitkan). Institute Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Rostiyanti, S. F. 2008. *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Septiawan, A.P. dan Nurcahyo, 2017. *Optimasi Penempatan Group Tower crane Proyek Pembangunan My Tower Surabaya*. Jurnal Teknik ITS Vol 6, Nomor 1. Surabaya.
- Soeharto, I. 1995. *Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Tam dan Leung, A.W.T. 2008. *Genetic Algorithm Modeling Aided with 3D Visualization in Optimizing Construction Site Facility Layout International*. International Council for Research and Innovation in Building and Construction. City University of Hongkong. Hongkong.
- Wibowo, A. A. dan Gunawan, G. 2016. *Analisis Penggunaan Tower crane berbasis Kapasitas terhadap Efektivitas Waktu dan Efisiensi Biaya pada Pelaksanaan Proyek*. Tugas Akhir. Universitas Islam Sunan Agung. Semarang.

Lampiran 1 Data Waktu Siklus *Tower crane* Potain FO 23/B

| No | Tanggal | Material | Waktu siklus (detik) | | | | | | Waktu Siklus | |
|----|-----------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | <i>Pemasangan</i> | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Bongkar</i> | | <i>Kembali</i> |
| 1 | 29-Oct-18 | Papan Kayu Bekisting | 81 | 27 | 26 | 47 | 3 | 72 | 68 | 324 |
| | | Papan Kayu Bekisting | 79 | 32 | 27 | 58 | 4 | 68 | 62 | 329 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 653 |
| 2 | 30-Oct-18 | Papan Kayu bekisting | 89 | 28 | 29 | 48 | 3 | 90 | 71 | 358 |
| | | Besi tulangan | 80 | 32 | 27 | 58 | 4 | 87 | 74 | 361 |
| | | Besi tulangan | 77 | 28 | 26 | 49 | 3 | 98 | 67 | 348 |
| | | Papan Kayu bekisting | 86 | 27 | 29 | 47 | 3 | 93 | 73 | 357 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 1424 |
| 3 | 31-Oct-18 | Tulangan Besi | 100 | 26 | 29 | 45 | 2 | 97 | 67 | 366 |
| | | Papan kayu bekisting | 83 | 23 | 32 | 46 | 3 | 80 | 79 | 346 |
| | | Beton segar + bucket | 80 | 29 | 27 | 52 | 3 | 70 | 65 | 326 |
| | | Beton segar + bucket | 79 | 27 | 26 | 48 | 3 | 74 | 69 | 326 |
| | | Beton segar + bucket | 87 | 28 | 26 | 49 | 3 | 77 | 61 | 331 |
| | | Beton segar + bucket | 91 | 47 | 28 | 87 | 7 | 78 | 57 | 394 |
| | | Beton segar + bucket | 84 | 29 | 27 | 51 | 3 | 79 | 63 | 335 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2424 |
| 4 | 1-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 79 | 28 | 26 | 44 | 2 | 74 | 69 | 322 |
| | | Besi Tulangan | 90 | 22 | 32 | 46 | 2 | 120 | 98 | 410 |
| | | Beton segar + bucket | 87 | 21 | 28 | 37 | 2 | 84 | 83 | 342 |

| No | Tanggal | Material | Waktu siklus (detik) | | | | | | Waktu Siklus | |
|----|----------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | <i>Pemasangan</i> | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Bongkar</i> | | <i>Kembali</i> |
| | | Beton segar + bucket | 84 | 27 | 29 | 47 | 3 | 74 | 69 | 332 |
| | | Beton segar + bucket | 83 | 27 | 29 | 47 | 3 | 78 | 73 | 340 |
| | | Beton segar + bucket | 91 | 36 | 30 | 64 | 4 | 81 | 65 | 371 |
| | | Beton segar + bucket | 95 | 28 | 29 | 48 | 3 | 82 | 61 | 346 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2462 |
| 5 | 2-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 42 | 32 | 27 | 54 | 3 | 32 | 31 | 221 |
| | | Besi Tulangan | 47 | 31 | 26 | 49 | 3 | 33 | 43 | 231 |
| | | Beton segar + bucket | 136 | 23 | 32 | 46 | 3 | 121 | 154 | 515 |
| | | Beton segar + bucket | 149 | 26 | 32 | 54 | 3 | 103 | 167 | 535 |
| | | Beton segar + bucket | 132 | 27 | 33 | 57 | 3 | 114 | 153 | 519 |
| | | Beton segar + bucket | 98 | 9 | 27 | 18 | 1 | 93 | 117 | 362 |
| | | Beton segar + bucket | 100 | 5 | 23 | 11 | 0 | 97 | 117 | 353 |
| | | Besi Tulangan | 53 | 28 | 26 | 44 | 2 | 39 | 48 | 240 |
| | | Besi Tulangan | 56 | 28 | 26 | 44 | 2 | 46 | 58 | 260 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 3236 |
| 6 | 5-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 39 | 31 | 29 | 54 | 3 | 41 | 31 | 228 |
| | | Besi Tulangan | 51 | 29 | 27 | 49 | 2 | 46 | 42 | 247 |
| | | Beton segar + bucket | 125 | 28 | 26 | 45 | 2 | 91 | 111 | 428 |
| | | Beton segar + bucket | 137 | 35 | 26 | 56 | 3 | 104 | 122 | 484 |
| | | Besi Tulangan | 46 | 38 | 28 | 65 | 4 | 54 | 48 | 283 |
| | | Besi Tulangan | 51 | 40 | 28 | 68 | 4 | 59 | 65 | 315 |

| No | Tanggal | Material | Waktu siklus (detik) | | | | | | Waktu Siklus | |
|----|----------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | <i>Pemasangan</i> | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Bongkar</i> | | <i>Kembali</i> |
| | | Jumlah | | | | | | | 1985 | |
| 7 | 6-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 46 | 28 | 26 | 41 | 2 | 49 | 34 | 227 |
| | | Besi Tulangan | 58 | 25 | 28 | 44 | 2 | 55 | 49 | 261 |
| | | Beton segar + bucket | 126 | 32 | 27 | 55 | 3 | 108 | 146 | 498 |
| | | Beton segar + bucket | 121 | 33 | 27 | 56 | 3 | 120 | 136 | 497 |
| | | Besi Tulangan | 54 | 34 | 29 | 59 | 3 | 50 | 60 | 288 |
| | | Besi Tulangan | 69 | 47 | 30 | 85 | 6 | 73 | 65 | 374 |
| | | papan Kayu bekisting | 47 | 41 | 27 | 62 | 4 | 62 | 48 | 291 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2436 |
| 8 | 7-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 42 | 24 | 29 | 47 | 2 | 32 | 31 | 207 |
| | | Besi Tulangan | 49 | 30 | 27 | 45 | 3 | 37 | 29 | 220 |
| | | Besi Tulangan | 43 | 29 | 26 | 44 | 2 | 33 | 30 | 208 |
| | | Besi Tulangan | 42 | 32 | 27 | 49 | 3 | 35 | 33 | 221 |
| | | Beton segar + bucket | 132 | 38 | 29 | 67 | 4 | 114 | 153 | 537 |
| | | Beton segar + bucket | 167 | 37 | 29 | 64 | 4 | 155 | 164 | 619 |
| | | papan Kayu bekisting | 53 | 53 | 32 | 109 | 7 | 39 | 48 | 341 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2352 |
| 9 | 8-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 42 | 31 | 34 | 32 | 3 | 32 | 31 | 206 |
| | | Besi Tulangan | 47 | 30 | 30 | 60 | 3 | 33 | 43 | 246 |
| | | Besi Tulangan | 39 | 29 | 30 | 58 | 2 | 31 | 47 | 236 |
| | | Besi Tulangan | 46 | 28 | 30 | 56 | 2 | 38 | 43 | 243 |

| No | Tanggal | Material | Waktu siklus (detik) | | | | | | Waktu Siklus | |
|----|-----------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | <i>Pemasangan</i> | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Bongkar</i> | | <i>Kembali</i> |
| | | Beton segar + bucket | 132 | 40 | 27 | 60 | 4 | 114 | 153 | 531 |
| | | Beton segar + bucket | 176 | 38 | 27 | 58 | 4 | 155 | 187 | 645 |
| | | Beton segar + bucket | 167 | 37 | 27 | 55 | 4 | 155 | 164 | 608 |
| | | Beton segar + bucket | 160 | 38 | 27 | 58 | 4 | 176 | 159 | 622 |
| | | Beton segar + bucket | 187 | 35 | 27 | 53 | 3 | 165 | 159 | 629 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 3965 |
| 10 | 9-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 55 | 32 | 32 | 55 | 3 | 45 | 44 | 266 |
| | | Besi Tulangan | 60 | 31 | 34 | 32 | 3 | 46 | 56 | 261 |
| | | Besi Tulangan | 52 | 30 | 34 | 31 | 3 | 44 | 60 | 253 |
| | | Beton segar + bucket | 141 | 28 | 30 | 55 | 2 | 123 | 162 | 541 |
| | | Beton segar + bucket | 185 | 37 | 31 | 75 | 4 | 164 | 196 | 691 |
| | | Beton segar + bucket | 176 | 36 | 31 | 71 | 3 | 164 | 173 | 654 |
| | | Beton segar + bucket | 169 | 37 | 31 | 75 | 4 | 185 | 168 | 668 |
| | | Beton segar + bucket | 196 | 41 | 31 | 82 | 4 | 174 | 168 | 696 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 4031 |
| 11 | 12-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 57 | 31 | 36 | 43 | 3 | 49 | 65 | 284 |
| | | Besi Tulangan | 65 | 30 | 34 | 31 | 3 | 57 | 73 | 293 |
| | | Besi Tulangan | 54 | 29 | 34 | 30 | 2 | 46 | 62 | 258 |
| | | Beton segar + bucket | 149 | 28 | 34 | 29 | 2 | 128 | 160 | 530 |
| | | Beton segar + bucket | 176 | 38 | 35 | 40 | 4 | 155 | 187 | 635 |
| | | Beton segar + bucket | 187 | 41 | 35 | 43 | 4 | 164 | 111 | 585 |

| No | Tanggal | Material | Waktu siklus (detik) | | | | | | Waktu Siklus | |
|----|-----------|----------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|--------------|----------------|
| | | | <i>Pemasangan</i> | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Bongkar</i> | | <i>Kembali</i> |
| | | Beton segar + bucket | 145 | 29 | 34 | 30 | 2 | 132 | 190 | 563 |
| | | Beton segar + bucket | 167 | 37 | 35 | 38 | 4 | 155 | 164 | 599 |
| | | Besi Tulangan | 65 | 35 | 35 | 37 | 3 | 59 | 69 | 303 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 4049 |
| 12 | 13-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 76 | 31 | 33 | 23 | 3 | 93 | 48 | 307 |
| | | Besi Tulangan | 87 | 30 | 35 | 41 | 3 | 45 | 42 | 282 |
| | | Besi Tulangan | 98 | 28 | 35 | 39 | 2 | 56 | 44 | 302 |
| | | Besi Tulangan | 79 | 40 | 36 | 56 | 4 | 61 | 43 | 319 |
| | | Beton segar + bucket | 123 | 37 | 35 | 39 | 4 | 142 | 135 | 515 |
| | | Beton segar + bucket | 172 | 35 | 35 | 37 | 3 | 153 | 181 | 616 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2341 |
| 13 | 14-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 85 | 23 | 34 | 35 | 4 | 44 | 35 | 260 |
| | | papan Kayu bekisting | 88 | 22 | 34 | 34 | 4 | 49 | 39 | 269 |
| | | Besi Tulangan | 89 | 30 | 33 | 22 | 3 | 67 | 68 | 311 |
| | | Besi Tulangan | 75 | 29 | 33 | 21 | 2 | 59 | 74 | 293 |
| | | Besi Tulangan | 84 | 37 | 34 | 27 | 4 | 73 | 74 | 331 |
| | | Beton segar + bucket | 155 | 35 | 36 | 49 | 3 | 173 | 143 | 594 |
| | | Beton segar + bucket | 163 | 34 | 36 | 47 | 3 | 184 | 166 | 632 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2691 |
| 14 | 15-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 187 | 30 | 34 | 48 | 3 | 112 | 138 | 552 |
| | | Besi Tulangan | 74 | 22 | 34 | 34 | 4 | 90 | 59 | 316 |

Lampiran 2 Data Waktu Siklus *Tower crane* XCMG FO 23/B (Alternatif)

| No | Tanggal | Material | Waktu perpindahan (detik) | | | | Waktu (detik) | | | Waktu Siklus |
|--------|----------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| | | | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Pemasangan</i> | <i>Bongkar</i> | <i>Kembali</i> | |
| 1 | 29-10-18 | Papan Kayu Bekisting | 19 | 30 | 62 | 3 | 81 | 72 | 68 | 336 |
| | | Papan Kayu Bekisting | 19 | 30 | 62 | 3 | 79 | 68 | 62 | 324 |
| | | Jumlah | | | | | | | | |
| 2 | 30-10-18 | Papan Kayu bekisting | 19 | 33 | 61 | 3 | 89 | 90 | 71 | 366 |
| | | Besi tulangan | 19 | 30 | 62 | 3 | 80 | 87 | 74 | 356 |
| | | Besi tulangan | 19 | 30 | 62 | 3 | 77 | 98 | 67 | 357 |
| | | Papan Kayu bekisting | 19 | 33 | 61 | 3 | 86 | 93 | 73 | 368 |
| | | Jumlah | | | | | | | | |
| 3 | 31-10-18 | Tulangan Besi | 19 | 33 | 61 | 3 | 100 | 97 | 67 | 380 |
| | | Papan kayu bekisting | 16 | 37 | 62 | 3 | 83 | 80 | 79 | 360 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 30 | 62 | 3 | 80 | 70 | 65 | 330 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 30 | 62 | 3 | 79 | 74 | 69 | 337 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 30 | 62 | 3 | 87 | 77 | 61 | 340 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 30 | 62 | 3 | 91 | 78 | 57 | 341 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 30 | 62 | 3 | 84 | 79 | 63 | 341 |
| Jumlah | | | | | | | | | 2427 | |
| 4 | 01-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 30 | 63 | 3 | 79 | 74 | 69 | 339 |
| | | Besi Tulangan | 16 | 37 | 62 | 3 | 90 | 120 | 98 | 426 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 33 | 61 | 3 | 87 | 84 | 83 | 370 |

| No | Tanggal | Material | Waktu perpindahan (detik) | | | | Waktu (detik) | | | Waktu Siklus |
|----|----------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| | | | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Pemasangan</i> | <i>Bongkar</i> | <i>Kembali</i> | |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 33 | 61 | 3 | 84 | 74 | 69 | 343 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 33 | 61 | 3 | 83 | 78 | 73 | 350 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 33 | 61 | 3 | 91 | 81 | 65 | 353 |
| | | Beton segar + bucket | 19 | 33 | 61 | 3 | 95 | 82 | 61 | 354 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2538 |
| 5 | 02-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 31 | 67 | 3 | 42 | 32 | 31 | 228 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 30 | 63 | 3 | 47 | 33 | 43 | 240 |
| | | Beton segar + bucket | 16 | 37 | 62 | 3 | 136 | 121 | 154 | 529 |
| | | Beton segar + bucket | 16 | 37 | 62 | 3 | 149 | 103 | 167 | 537 |
| | | Beton segar + bucket | 16 | 37 | 62 | 3 | 132 | 114 | 153 | 517 |
| | | Beton segar + bucket | 16 | 37 | 62 | 3 | 98 | 93 | 117 | 426 |
| | | Beton segar + bucket | 16 | 37 | 62 | 3 | 100 | 97 | 117 | 432 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 30 | 63 | 3 | 53 | 39 | 48 | 257 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 30 | 63 | 3 | 56 | 46 | 58 | 277 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 3447 |
| 6 | 05-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 33 | 69 | 3 | 39 | 41 | 31 | 237 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 31 | 67 | 3 | 51 | 46 | 42 | 262 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 30 | 63 | 3 | 125 | 91 | 111 | 444 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 30 | 63 | 3 | 137 | 104 | 122 | 480 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 31 | 67 | 3 | 46 | 54 | 48 | 271 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 31 | 67 | 3 | 51 | 59 | 65 | 298 |

| No | Tanggal | Material | Waktu perpindahan (detik) | | | | Waktu (detik) | | | Waktu Siklus |
|----|----------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| | | | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Pemasangan</i> | <i>Bongkar</i> | <i>Kembali</i> | |
| | | Jumlah | | | | | | | | 1993 |
| 7 | 06-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 31 | 60 | 3 | 46 | 49 | 34 | 243 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 33 | 69 | 3 | 58 | 55 | 49 | 288 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 67 | 3 | 126 | 108 | 146 | 503 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 67 | 3 | 121 | 120 | 136 | 500 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 33 | 69 | 3 | 54 | 50 | 60 | 290 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 33 | 69 | 3 | 69 | 73 | 65 | 333 |
| | | papan Kayu bekisting | 21 | 31 | 60 | 3 | 47 | 62 | 48 | 271 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2429 |
| 8 | 07-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 35 | 79 | 3 | 42 | 32 | 31 | 243 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 31 | 60 | 3 | 49 | 37 | 29 | 229 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 31 | 60 | 3 | 43 | 33 | 30 | 220 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 31 | 60 | 3 | 42 | 35 | 33 | 224 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 33 | 69 | 3 | 132 | 114 | 153 | 525 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 33 | 69 | 3 | 167 | 155 | 164 | 612 |
| | | papan Kayu bekisting | 21 | 35 | 79 | 3 | 53 | 39 | 48 | 278 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2332 |
| 9 | 08-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 39 | 41 | 3 | 42 | 32 | 31 | 210 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 35 | 79 | 3 | 47 | 33 | 43 | 261 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 35 | 79 | 3 | 39 | 31 | 47 | 255 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 35 | 79 | 3 | 46 | 38 | 43 | 265 |

| No | Tanggal | Material | Waktu perpindahan (detik) | | | | Waktu (detik) | | | Waktu Siklus |
|----|----------|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| | | | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Pemasangan</i> | <i>Bongkar</i> | <i>Kembali</i> | |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 60 | 3 | 132 | 114 | 153 | 513 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 60 | 3 | 176 | 155 | 187 | 632 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 60 | 3 | 167 | 155 | 164 | 600 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 60 | 3 | 160 | 176 | 159 | 609 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 31 | 60 | 3 | 187 | 165 | 159 | 625 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 3970 |
| 10 | 09-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 37 | 69 | 3 | 55 | 45 | 44 | 274 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 39 | 41 | 3 | 60 | 46 | 56 | 267 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 39 | 41 | 3 | 52 | 44 | 60 | 261 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 35 | 79 | 3 | 141 | 123 | 162 | 564 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 35 | 79 | 3 | 185 | 164 | 196 | 683 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 35 | 79 | 3 | 176 | 164 | 173 | 651 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 35 | 79 | 3 | 169 | 185 | 168 | 660 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 35 | 79 | 3 | 196 | 174 | 168 | 676 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 4034 |
| 11 | 12-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 41 | 55 | 3 | 57 | 49 | 65 | 291 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 39 | 41 | 3 | 65 | 57 | 73 | 300 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 39 | 41 | 3 | 54 | 46 | 62 | 267 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 149 | 128 | 160 | 542 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 176 | 155 | 187 | 623 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 187 | 164 | 111 | 567 |

| No | Tanggal | Material | Waktu perpindahan (detik) | | | | Waktu (detik) | | | Waktu Siklus |
|----|----------|----------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------|----------------|----------------|--------------|
| | | | <i>Naik/ Hoist</i> | <i>Putar/ Slewwing</i> | <i>Geser / Trolley</i> | <i>Turun / landing</i> | <i>Pemasangan</i> | <i>Bongkar</i> | <i>Kembali</i> | |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 145 | 132 | 190 | 572 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 167 | 155 | 164 | 591 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 39 | 41 | 3 | 65 | 59 | 69 | 298 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 4050 |
| 12 | 13-11-18 | papan Kayu bekisting | 21 | 38 | 29 | 3 | 76 | 93 | 48 | 308 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 41 | 55 | 3 | 87 | 45 | 42 | 294 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 41 | 55 | 3 | 98 | 56 | 44 | 318 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 41 | 55 | 3 | 79 | 61 | 43 | 303 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 123 | 142 | 135 | 505 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 39 | 41 | 3 | 172 | 153 | 181 | 611 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2338 |
| 13 | 14-11-18 | papan Kayu bekisting | 15 | 39 | 43 | 4 | 85 | 44 | 35 | 265 |
| | | papan Kayu bekisting | 15 | 39 | 43 | 4 | 88 | 49 | 39 | 277 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 38 | 29 | 3 | 89 | 67 | 68 | 315 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 38 | 29 | 3 | 75 | 59 | 74 | 299 |
| | | Besi Tulangan | 21 | 38 | 29 | 3 | 84 | 73 | 74 | 322 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 41 | 55 | 3 | 155 | 173 | 143 | 591 |
| | | Beton segar + bucket | 21 | 41 | 55 | 3 | 163 | 184 | 166 | 633 |
| | | Jumlah | | | | | | | | 2701 |
| 14 | 15-11-18 | Papan kayu bekisting | 21 | 39 | 63 | 3 | 187 | 112 | 138 | 564 |
| | | Besi Tulangan | 15 | 39 | 43 | 4 | 74 | 90 | 59 | 324 |

Lampiran 3 Perhitungan Jarak Tempuh *Tower crane*

| Pengukuran di Gambar | | | | | Perhitungan dari Gambar | | | |
|-----------------------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pekerjaan | Elevasi | Sudut | Jarak | Turun | Tinggi (hoist) | Sudut (slewing) | Geser (trolley) | Turun (landing) |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Timur | 12.6 | 133 | 7.4 | 3 | 15.60 | 133.00 | 25.60 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Timur | 12.6 | 133 | 7.4 | 3 | 15.60 | 133.00 | 25.60 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Timur | 12.6 | 133 | 7.4 | 3 | 15.60 | 133.00 | 25.60 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp selatan | 10.5 | 148 | 7.5 | 3 | 13.50 | 148.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat 120 | 12.6 | 122 | 7.5 | 3 | 15.60 | 122.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 I | 14.65 | 120 | 7.6 | 3 | 17.65 | 120.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp selatan | 10.5 | 148 | 7.5 | 3 | 13.50 | 148.00 | 26.00 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Timur | 12.6 | 133 | 7.4 | 3 | 15.60 | 133.00 | 25.60 | 3.00 |

| Pengukuran di Gambar | | | | | Perhitungan dari Gambar | | | |
|------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pekerjaan | Elevasi | Sudut | Jarak | Turun | Tinggi (hoist) | Sudut (slewing) | Geser (trolley) | Turun (landing) |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 III | 14.65 | 132 | 8.2 | 3 | 17.65 | 132.00 | 28.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 II | 14.65 | 126 | 8 | 3 | 17.65 | 126.00 | 28.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 II | 14.65 | 126 | 8 | 3 | 17.65 | 126.00 | 28.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 III | 14.65 | 132 | 8.2 | 3 | 17.65 | 132.00 | 28.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 III | 14.65 | 132 | 8.2 | 3 | 17.65 | 132.00 | 28.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| | | | | | | | | |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 III | 14.65 | 132 | 8.2 | 3 | 17.65 | 132.00 | 28.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 III | 14.65 | 132 | 8.2 | 3 | 17.65 | 132.00 | 28.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| | | | | | | | | |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |

| Pengukuran di Gambar | | | | | Perhitungan dari Gambar | | | |
|-----------------------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pekerjaan | Elevasi | Sudut | Jarak | Turun | Tinggi (hoist) | Sudut (slewing) | Geser (trolley) | Turun (landing) |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 I | 14.65 | 123 | 7.2 | 3 | 17.65 | 123.00 | 24.80 | 3.00 |
| | | | | | | | | |
| Pembuatan Balok B300X400 IV | 14.65 | 148 | 8.2 | 3 | 17.65 | 148.00 | 28.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 II | 14.65 | 139 | 9.2 | 3 | 17.65 | 139.00 | 32.80 | 3.00 |
| | | | | | | | | |
| Pembuatan Balok B300X400 V | 14.65 | 164 | 6.7 | 3 | 17.65 | 164.00 | 22.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |

| Pengukuran di Gambar | | | | | Perhitungan dari Gambar | | | |
|------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pekerjaan | Elevasi | Sudut | Jarak | Turun | Tinggi (hoist) | Sudut (slewing) | Geser (trolley) | Turun (landing) |
| Pembuatan Balok B300X400 VI | 14.65 | 152 | 4 | 3 | 17.65 | 152.00 | 12.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 V | 14.65 | 164 | 6.7 | 3 | 17.65 | 164.00 | 22.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 V | 14.65 | 164 | 6.7 | 3 | 17.65 | 164.00 | 22.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 V | 14.65 | 164 | 6.7 | 3 | 17.65 | 164.00 | 22.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 IV | 14.65 | 158 | 5.3 | 3 | 17.65 | 158.00 | 17.20 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 VI | 14.65 | 152 | 4 | 3 | 17.65 | 152.00 | 12.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 VI | 14.65 | 152 | 4 | 3 | 17.65 | 152.00 | 12.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 VI | 14.65 | 152 | 4 | 3 | 17.65 | 152.00 | 12.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 V | 14.65 | 164 | 6.7 | 3 | 17.65 | 164.00 | 22.80 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 V | 14.65 | 164 | 6.7 | 3 | 17.65 | 164.00 | 22.80 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 VI | 14.65 | 152 | 4 | 3 | 17.65 | 152.00 | 12.00 | 3.00 |
| Pembuatan Balok B300X400 VI | 14.65 | 152 | 4 | 3 | 17.65 | 152.00 | 12.00 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |

| Pengukuran di Gambar | | | | | Perhitungan dari Gambar | | | |
|------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Pekerjaan | Elevasi | Sudut | Jarak | Turun | Tinggi (hoist) | Sudut (slewing) | Geser (trolley) | Turun (landing) |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Plat Ramp Barat | 8.4 | 155 | 5.5 | 4 | 12.40 | 155.00 | 18.00 | 4.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |
| Pembuatan Kolom K550X550 III | 14.65 | 157 | 7.6 | 3 | 17.65 | 157.00 | 26.40 | 3.00 |

Lampiran 4 Perhitungan Produktifitas *Tower crane* Potain FO 23/B

| No | Tanggal | Volume (kg) | Waktu Siklus (dtk) | Produktifitas (kg/jam) |
|----|-----------|-------------|--------------------|------------------------|
| 1 | 29-Oct-18 | 800,00 | 653,43 | 4407,51 |
| 2 | 30-Oct-18 | 1205,16 | 1423,61 | 3047,60 |
| 3 | 31-Oct-18 | 12111,36 | 2424,22 | 17985,54 |
| 4 | 1-Nov-18 | 11150,31 | 2461,79 | 16305,66 |
| 5 | 2-Nov-18 | 11040,44 | 3235,83 | 12282,98 |
| 6 | 5-Nov-18 | 4746,65 | 1985,05 | 8608,33 |
| 7 | 6-Nov-18 | 5076,65 | 2436,27 | 7501,60 |
| 8 | 7-Nov-18 | 5667,68 | 2352,14 | 8674,50 |
| 9 | 8-Nov-18 | 11739,43 | 3965,14 | 10658,37 |
| 10 | 9-Nov-18 | 11342,87 | 4030,72 | 10130,79 |
| 11 | 12-Nov-18 | 11038,40 | 4049,01 | 9814,30 |
| 12 | 13-Nov-18 | 4746,65 | 2340,97 | 7299,50 |
| 13 | 14-Nov-18 | 5221,49 | 2691,24 | 6984,65 |
| 14 | 15-Nov-18 | 5186,52 | 1980,48 | 9427,75 |
| 15 | 16-Nov-18 | 11301,47 | 3660,43 | 11114,88 |
| 16 | 19-Nov-18 | 10439,75 | 2824,51 | 13306,04 |
| | Jumlah | | | 157549,99 |
| | Rata-rata | | | 9846,87 |

Lampiran 5 Perhitungan Produktifitas *Tower crane* XCMG FO 23/B

| No | Tanggal | Volume (kg) | Waktu Siklus (dtk) | Produktifitas (kg/jam) |
|----|-----------|-------------|--------------------|------------------------|
| 1 | 29-Oct-18 | 800,00 | 659,07 | 4369,78 |
| 2 | 30-Oct-18 | 1205,16 | 1446,71 | 2998,94 |
| 3 | 31-Oct-18 | 12111,36 | 2427,50 | 17961,24 |
| 4 | 1-Nov-18 | 11150,31 | 2537,55 | 15818,84 |
| 5 | 2-Nov-18 | 11040,44 | 3446,66 | 11531,62 |
| 6 | 5-Nov-18 | 4746,65 | 1992,51 | 8576,11 |
| 7 | 6-Nov-18 | 5076,65 | 2428,95 | 7524,22 |
| 8 | 7-Nov-18 | 5667,68 | 2331,63 | 8750,83 |
| 9 | 8-Nov-18 | 11739,43 | 3970,34 | 10644,40 |
| 10 | 9-Nov-18 | 11342,87 | 4033,68 | 10123,36 |
| 11 | 12-Nov-18 | 11038,40 | 4049,60 | 9812,88 |
| 12 | 13-Nov-18 | 4746,65 | 2337,94 | 7308,97 |
| 13 | 14-Nov-18 | 5221,49 | 2700,65 | 6960,32 |
| 14 | 15-Nov-18 | 5186,52 | 1984,16 | 9410,27 |
| 15 | 16-Nov-18 | 11301,47 | 3695,67 | 11008,92 |
| 16 | 19-Nov-18 | 10439,75 | 2913,41 | 12900,03 |
| | Jumlah | | | 155700,72 |
| | Rata-rata | | | 9731,30 |

Lampiran 6 Perhitungan Beban Harian

| No | Tanggal | Material | Berat (kg) |
|----|-----------|----------------------|------------|
| 1 | 29-Oct-18 | Papan Kayu Bekisting | 400,00 |
| | | Papan Kayu Bekisting | 400,00 |
| | | Jumlah | 800,00 |
| 2 | 30-Oct-18 | Papan Kayu bekisting | 402,42 |
| | | Besi tulangan | 200,16 |
| | | Besi tulangan | 200,16 |
| | | Papan Kayu bekisting | 402,42 |
| | | Jumlah | 1205,16 |
| 3 | 31-Oct-18 | Tulangan Besi | 378,52 |
| | | Papan kayu bekisting | 804,84 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |
| | | Jumlah | 12111,36 |
| 4 | 1-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 378,52 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1401,79 |
| | | Jumlah | 10820,31 |
| 5 | 2-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1401,79 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Jumlah | 10710,44 |
| 6 | 5-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |

| No | Tanggal | Material | Berat (kg) |
|----|----------|----------------------|------------|
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Jumlah | 4746,65 |
| 7 | 6-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Jumlah | 5076,65 |
| 8 | 7-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |
| | | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Jumlah | 5667,68 |
| 9 | 8-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 440,00 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1399,75 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Jumlah | 11739,43 |
| 10 | 9-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1399,75 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Jumlah | 11342,87 |

| No | Tanggal | Material | Berat (kg) |
|----|-----------|----------------------|------------|
| 11 | 12-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1399,75 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Jumlah | 11038,40 |
| 12 | 13-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 330,00 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Jumlah | 4746,65 |
| 13 | 14-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 402,42 |
| | | papan Kayu bekisting | 402,42 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Besi Tulangan | 89,55 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Jumlah | 5221,49 |
| 14 | 15-Nov-18 | papan Kayu bekisting | 660,00 |
| | | Besi Tulangan | 378,52 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1888,00 |
| | | Jumlah | 5186,52 |
| 15 | 16-Nov-18 | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Besi Tulangan | 286,56 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1401,79 |
| | | Jumlah | 11301,47 |

| No | Tanggal | Material | Berat (kg) |
|----|-----------|----------------------|------------|
| 16 | 19-Nov-18 | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 2260,00 |
| | | Beton segar + bucket | 1399,75 |
| | | Jumlah | 10439,75 |
| | TOTAL | | 122154,83 |



Lampiran 7 Foto Kegiatan

Gambar L7.1 *Tower crane POTAIN FO/23B Eksisting*



Gambar L7.2 *Material Proyek Besi Tulangan*

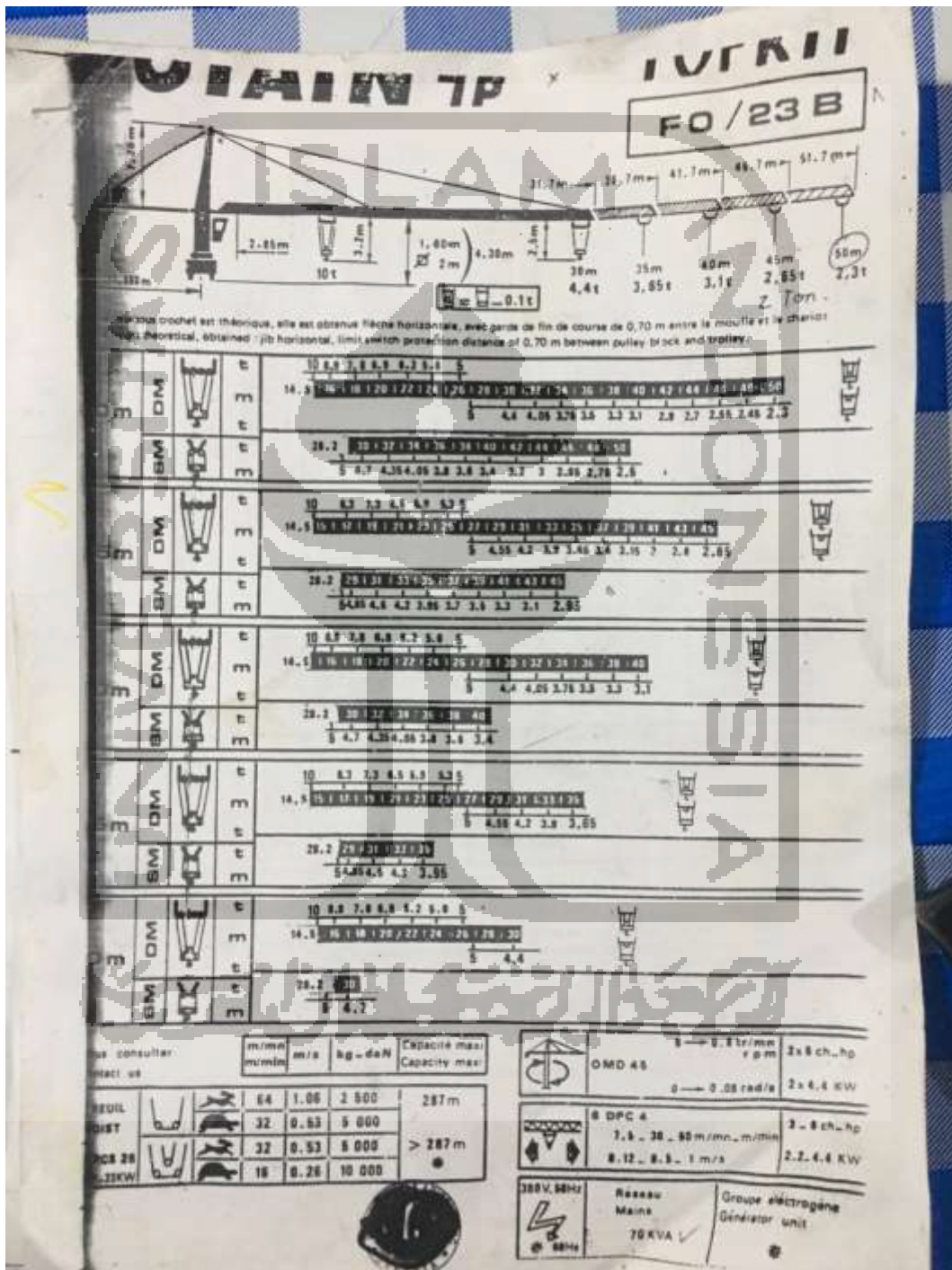


Gambar L7.3 *Bucket COR*



Gambar L7.4 Pengamatan Lapangan

Lampiran 8 Perhitungan Jarak Tempuh *Tower crane*
 Spesifikasi *Tower crane*

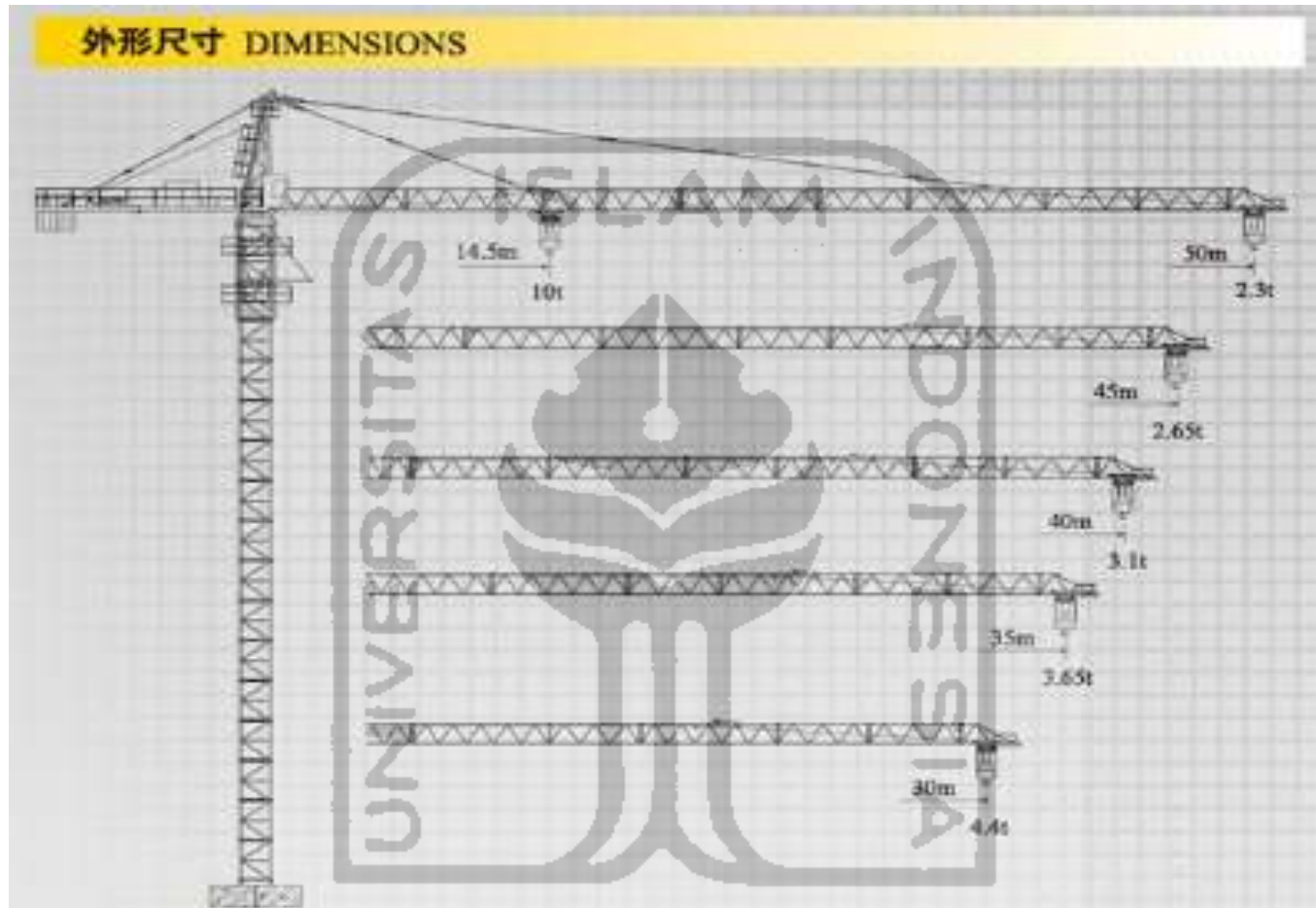


Gambar L8.1 Spesifikasi *Tower crane* Potain FO/23B di Lapangan

| 型号 Type | | FO/23B | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--|---------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 基本高度 Basic height | | 59.8m | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最大高度 Max height | | 203.8m | | | | | | | | | | | | | | | |
| 臂长 Length | | 50m/45m/40m/35m/30m | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最大吊重 Max load | | 10t | | | | | | | | | | | | | | | |
| 臂端吊重 Tip load | | 2.3t | | | | | | | | | | | | | | | |
| 标准节尺寸 Section size | | 2000×2000×3000 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 标准节材料 Section material | | 角钢 Angle steel | | | | | | | | | | | | | | | |

| 起量特性 Load diagrams | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------|------------------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 吊钩高度 Hook height | 臂长 Jib length | 吊钩重量 Hook weight | 18-42 | 18 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 44 | 46 | 48 | 50 |
| 10t | 50m | 2.3t | 10 | 8.9 | 7.8 | 6.9 | 6.2 | 5.6 | 5 | 4.4 | 4.2 | 3.8 | 3.5 | 3.2 | 3.1 | 2.8 | 2.7 | 2.5 | 2.3 | 2.2 | 2.1 |
| 40t | 45m | 2.3t | 30 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7.5 | 7 | 6.5 | 6 | 5.5 |
| 40t | 40m | 2.3t | 30 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7.5 | 7 | 6.5 | 6 | 5.5 |
| 40t | 35m | 2.3t | 30 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7.5 | 7 | 6.5 | 6 | 5.5 |
| 40t | 30m | 2.3t | 30 | 23 | 22 | 20 | 18 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7.5 | 7 | 6.5 | 6 | 5.5 |

Gambar L8.2 Spesifikasi Tower crane XCMG (Main parameter & Load diagram)



Gambar L8.3 Spesifikasi *Tower crane* XCMG (Dimension)

| 传动机构 Mechanisms | | | | | | |
|------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------|------|
| 名称 Items | 机构代号 Mechanism | 工作速度 (m/min) Speed | 起重吨 (t) Hoist Weight | 容绳量 (m) Rope Capacity | 电动机 (kw) Motor | |
| 起升 Hoisting | 70RCS25 | 双绳 2 fall | 0-50 | 5 | 550 >550* | 51.5 |
| | | | 0-100 | 2.5 | | |
| | | 四绳 4 fall | 0-25 | 10 | | |
| | | | 0-50 | 5 | | |
| | 75LVF25 | 双绳 2 fall | 0-50 | 5 | 650 >650* | 55 |
| | | | 0-90 | 2.5 | | |
| | | | 0-120 | 1.25 | | |
| | | 四绳 4 fall | 0-25 | 10 | | |
| | | 0-45 | 5 | 变频调速 Frequency Control | | |
| | | 0-60 | 2.5 | | | |
| 变幅 Trolleying | X96L | 15-30-58 | | | 95Nm | |
| | DVF95 | 0-65 | 变频调速 Frequency Control | | 95Nm | |
| 回转 Slewing | RCV95 | 0-0.07r/min | | | 2×95Nm | |
| | RVF95 | | | 变频调速 Frequency Control | 2×95Nm | |
| 行走 Traveling | RT443 | 12.5-25 | | | 4×3.4/1.7 | |
| 电源 Power | | 380V/50Hz | | 440V/60Hz | | |

Gambar L8.4 Spesifikasi Tower crane XCMG (Mechanism)

Lampiran 9 Harga Solar Industri (Non subsidi)

**HARGA DASAR KEEKONOMIAN
BAHAN BAKAR MINYAK PERTAMINA**

| Jenis BBM | Harga Jual Keekonomian BBM PERTAMINA (Bekum Termasuk Pajak) | | | | | | | |
|-------------------|---|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| | Wilayah 1 | | Wilayah 2 | | Wilayah 3 | | Wilayah 4 | |
| | (Rp/Kl) | (US\$/Kl) | (Rp/Kl) | (US\$/Kl) | (Rp/Kl) | (US\$/Kl) | (Rp/Kl) | (US\$/Kl) |
| Pertamax | 10.000.000 | 714,90 | 10.100.000 | 714,90 | 10.200.000 | 730,20 | 10.350.000 | 740,90 |
| Pertalite | 9.600.000 | 685,00 | 9.700.000 | 685,00 | 9.800.000 | 701,50 | 9.950.000 | 712,20 |
| Premium | 9.300.000 | 664,30 | 9.400.000 | 672,90 | 9.500.000 | 680,00 | 9.650.000 | 690,80 |
| Minyak Tanah | 10.390.000 | 735,20 | 10.470.000 | 744,40 | 10.600.000 | 758,80 | 10.800.000 | 773,10 |
| Biosolar Industri | 11.500.000 | 821,30 | 11.500.000 | 821,30 | 11.600.000 | 830,40 | 11.750.000 | 841,20 |
| Minyak Diesel | 10.300.000 | 732,80 | 10.300.000 | 732,80 | 10.400.000 | 744,50 | 10.550.000 | 755,20 |
| Minyak Bakar | 9.600.000 | 685,00 | 9.700.000 | 694,30 | 9.800.000 | 701,50 | 9.950.000 | 712,20 |
| Pertamina Dex | 11.800.000 | 841,80 | 11.800.000 | 841,80 | 11.900.000 | 851,90 | 12.050.000 | 862,60 |
| Dexlite | 11.560.000 | 824,94 | 11.560.000 | 824,94 | 11.660.000 | 834,58 | 11.810.000 | 845,32 |

Keterangan:

- Wilayah 1 berlaku untuk titik suplai yang berada di Sumatera, Jawa, Madura, dan Bali
- Wilayah 2 berlaku untuk titik suplai yang berada di Kalimantan
- Wilayah 3 berlaku untuk titik suplai yang berada di Sulawesi dan Propinsi NTB
- Wilayah 4 berlaku untuk titik suplai yang berada di Papua, Maluku, dan Propinsi NTT

Sumber: <https://www.hargasolarindustri.com/2019/08/harga-keekonomian-bbm-solar-industri-pt.html> (akses pada 01-08-19)

Lampiran 10 Katalog Pelumas



Shell Rimula R4 X 15W - 40 209 L (1 Drum)

Rp 5,800,000.00 ~~Rp 5,300,000.00~~

SAE : 15W - 40

API : CF-4, CF

ACEA E7, E5, E3

Cl[sa] DHD-1

Caterpillar ECF-2, ECF-1-A

Clamires CES 20078,77,76,75,72,71

DOS 93R215

Deutz DQC III-10

IVECO T1 (Meets requirements)

JASO DH-1

Mack EO-MR, EO-M

MAN M3275-1

MB-Approval 228,3

MTU Category 2

Renault Trucks RLD-2

W[ilco] VDS-3

CNH MAT 3520 (meets specification)

1 Add to cart

Sumber: <https://www.sejahteraoil.co.id/product/rimula-r4x-15w-40-drum/> (akses pada 01-08-19)

Lampiran 11 Harga CHAMP GREASE (gemuk pelumas)

Gemuk Pelumas Stempet Alat Berat - CHAMP GREASE NLGI 3 Ember 3 KG

★★★★★ 2 Ulasan

100% Transaksi Sukses Dari 7 Transaksi

Rp 125.000
Harga grosir mulai dari Rp 120.000 / 2 pcs

Jumlah: 1

Catatan untuk Penjual (Opsional)
Cantah: Wadah flush, Ukuran KL, Edisi ke-2

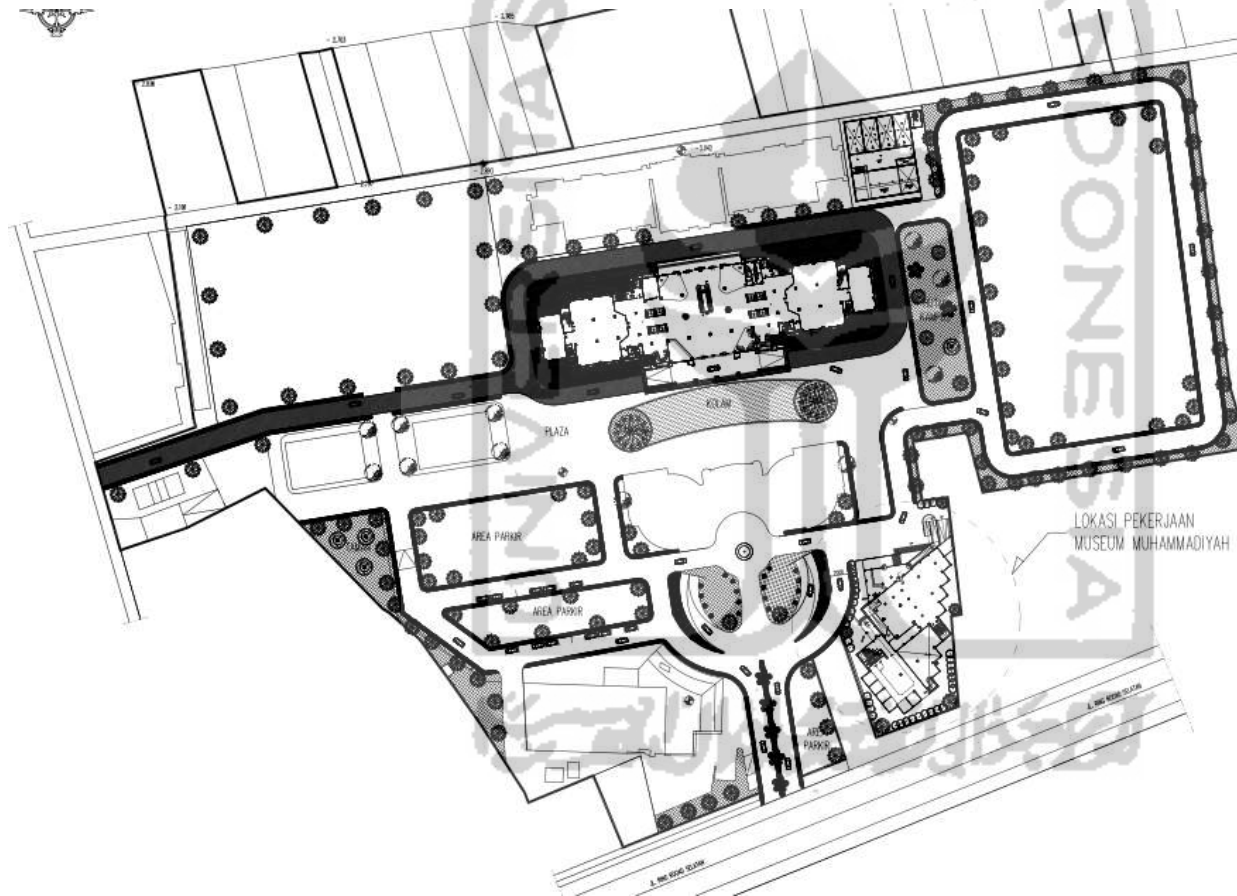
Cicilan bunga 0% mulai dari Rp 5.209

77% Dinar, 11% Terkumpul, 1% Baru, 1% Beli, 1% Opsional

Sumber: <https://www.tokopedia.com/sinarmajupitstop/gemuk-pelumas-stempet-alat-berat-champ-grease-nlgi-3-ember-3-kg> (akses pada 01-08-19)

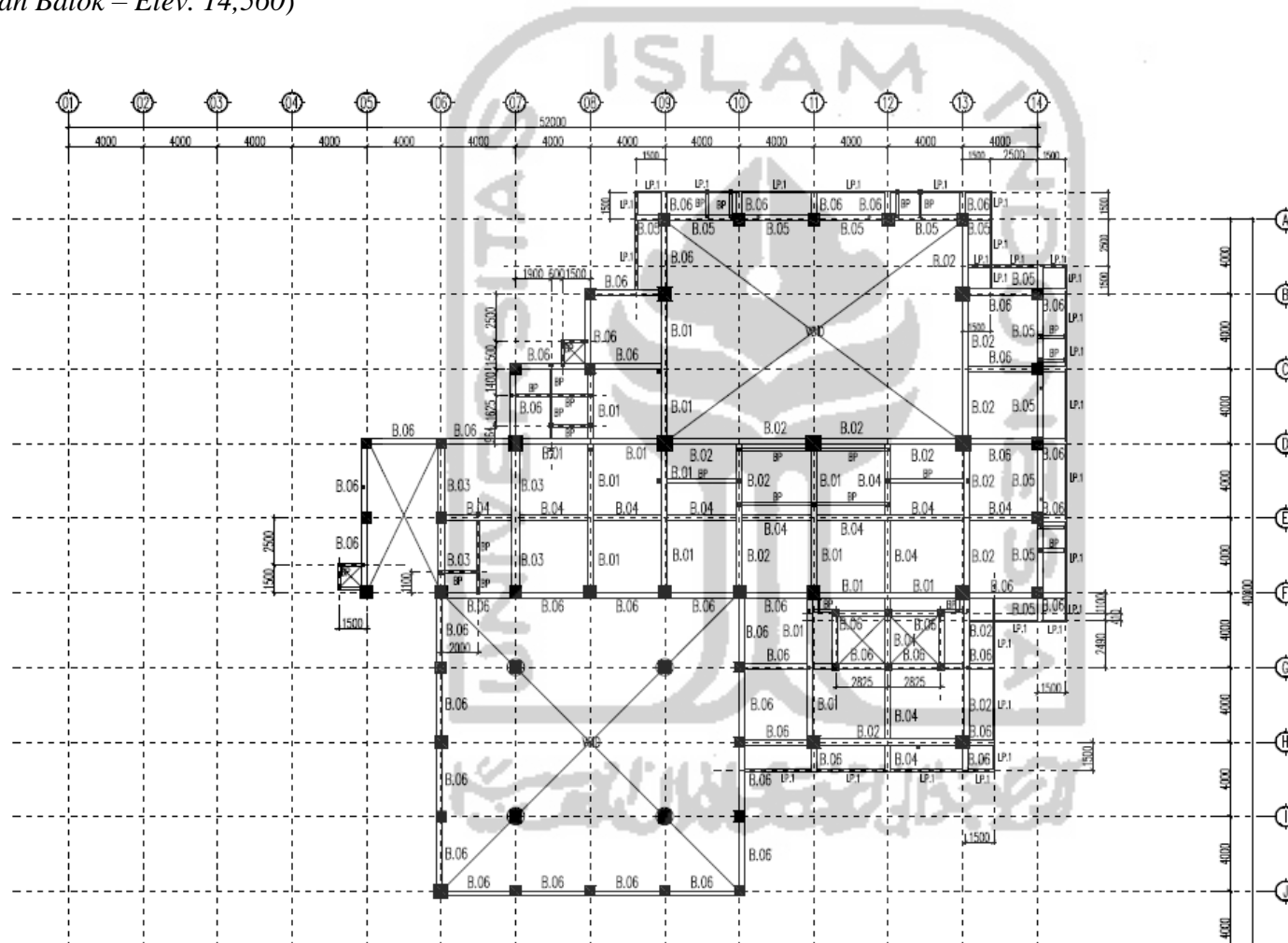
Lampiran 12 Struktur Gedung


(Site Plan Pembangunan Museum Muhammadiyah Yogyakarta)



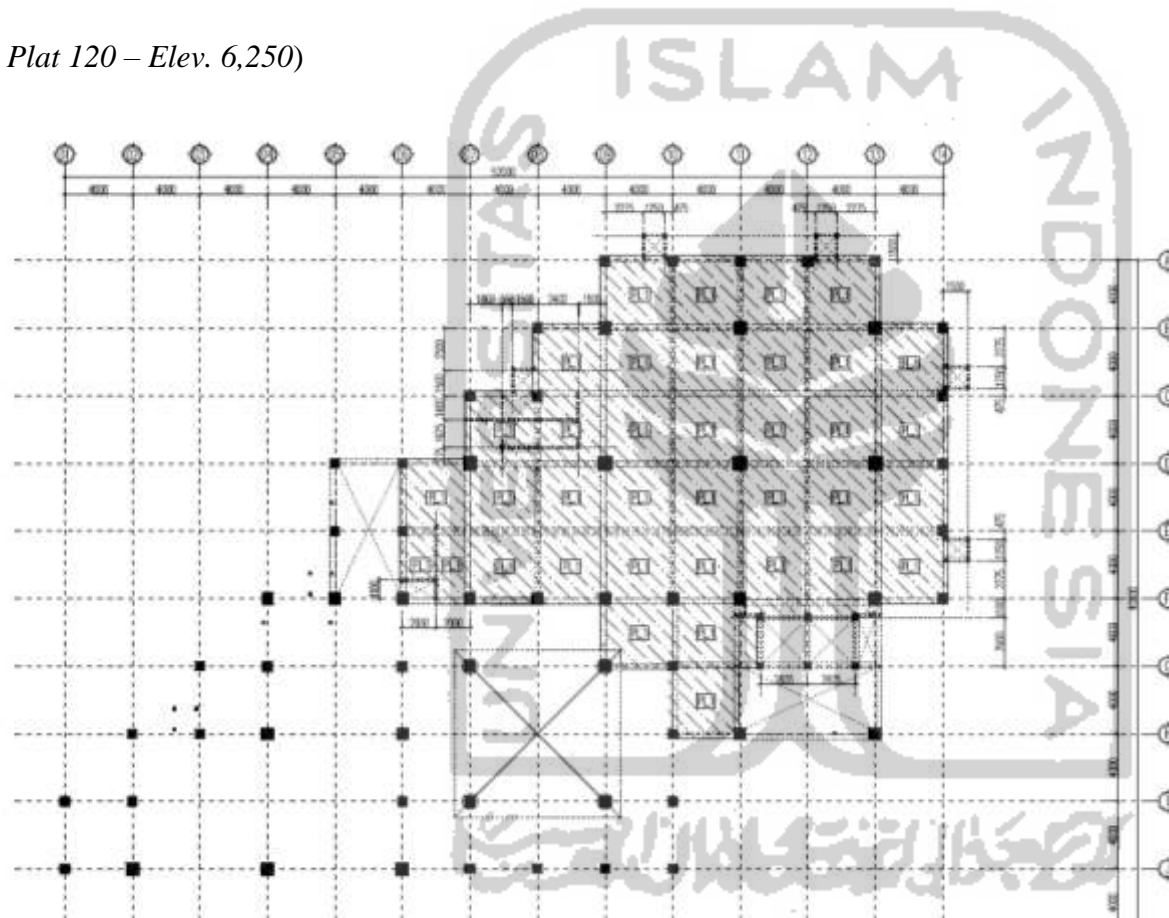
| | |
|---|-------|
| DIREKTORAT JENDERAL KEBUDAYAAN | |
| PEKERJAAN | B |
| KAJIAN PENYUSUNAN MASTER PLAN & DD MUSEUM MUHAMMADIYAH | |
| LOKASI | C |
| J. BUNGKUS SELATAN (J. SEJAN KHIDAYAT 1000) TAMANAN BAKERSATAPAN BANTUL DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA | |
| MEMETAHUI | D |
| | E |
| MEMETAHUI | F |
| | G |
| PERENCANA | H |
| | I |
| TENAGA AHLI | |
| | |
| | |
| | |
| | |
| ALOKASI GAMBAR | SKALA |
| | |

(Denah Balok – Elev. 14,560)



| | | |
|--|--|---|
|  KEMENTERIAN PENDIDIKAN & KEBUDAYAAN DIREKTORAT JENDERAL KEBUDAYAAN | | A |
| PEKERJAAN | | B |
| KAJIAN PENYUSUNAN MASTER PLAN & DED MUSEUM MUHAMMADIYAH | | C |
| LOKASI | | D |
| JL. HINGGAD SELATAN (JALAN AHMAD YANI) TAMAN BANGSANTAPAN BHUTUL DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA | | E |
| PERENCANA | | F |
| MENYETUJUI | | G |
| MENYETUJUI | | H |
| MENYETUJUI | | I |
| MENYETUJUI | | J |
| MENYETUJUI | | K |
| MENYETUJUI | | L |

(Denah Plat 120 – Elev. 6,250)



| | |
|--|--------|
|  KEMENTERIAN KESEHATAN & REKREASIAN DIREKTORAT JENDERAL KESEHATAN | |
| | REVISI |
| RUMAH SAKIT RUMAH SAKIT | |
| LINGKUNGAN | |
| (J. RUMAH SAKIT) (ALU. RUMAH SAKIT) (RUMAH SAKIT) | |
| REVISI | |
| REVISI | |
| REVISI | |
| REVISI | |
| REVISI | |

(Elevasi Rencana Bangunan)

