

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIVITAS TOWER CRANE EXISTING DAN TOWER CRANE ALTERNATIF

(Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung *Teaching Industry Learning Center*
(TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)

(*COMPARISON OF COST AND PRODUCTIVITY OF
EXISTING TOWER CRANE AND ALTERNATIVE TOWER
CRANE*)

(Case Study : Construction Project Of *Teaching Industry Learning Center* (TILC)
Building Of Vocational School Gadjah Mada University)

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



Wendy Oktianto
14511169

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021

TUGAS AKHIR

PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIVITAS TOWER CRANE EXISTING DAN TOWER CRANE ALTERNATIF

(Studi kasus: Proyek Pembangunan Gedung *Teaching Industry Learning Center (TILC)* Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)

(*COMPARISON OF COST AND PRODUCTIVITY OF EXISTING TOWER CRANE AND ALTERNATIVE TOWER CRANE*)

(Case Study: Construction Project Of *Teaching Industry Learning Center (TILC)* Building Of Vocational School Gadjah Mada University)

Disusun oleh:

Wendy Oktianto
14511169


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


Diuji Pada tanggal: 31 Agustus 2021

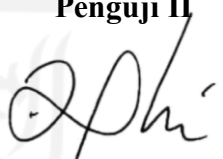
Oleh dewan penguji:
Penguji I

Pembimbing I

Penguji II


Albani Musyafa', Ph.D
NIK : 955110102


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


Fitri Nugraheni, Ph.D
NIK : 005110101

Mengesahkan,
Program Studi Teknik Sipil




Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK : 8851101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan bahwa 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 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 sesuai dengan perundang - undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 31 Agustus 2021
Yang membuat pernyataan,



Wendy Oktianto
14511169

KATA PENGANTAR

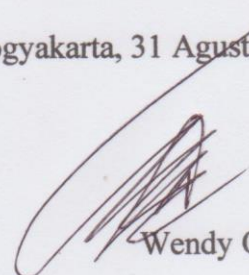
Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "*Perbandingan Biaya Dan Produktivitas Tower Crane Existing Dan Tower Crane Alternatif (Studi kasus: Proyek Pembangunan Gedung Teaching Industry Learning Center (TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)*". 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, Yogyakarta.

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 yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Prodi Teknik Sipil,
2. Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Pembimbing,
3. Bapak Vendie Abma, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I,
4. Ibu Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D selaku Dosen Penguji II, dan
5. Bapak dan Ibu penulis yang telah berkorban begitu banyak baik material maupun spiritual hingga selesainya Tugas Akhir ini.

Akhirnya Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 31 Agustus 2021



Wendy Oktianto

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
ABSTRAK	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tinjauan Umum	5
2.2 Penelitian Terdahulu	5
2.3 Perbandingan Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu	8
BAB III LANDASAN TEORI	12
3.1 Proyek Konstruksi	12
3.2 Manajemen Proyek	14
3.3 Manajemen Peralatan Proyek	15
3.4 Data Peralatan Konstruksi	19
3.4.1 Tower Crane	19

3.4.1.1	Pengertian Tower Crane	19
3.4.1.2	Jenis – Jenis Tower Crane	19
3.4.1.3	Bagian – Bagian Tower Crane	20
3.4.1.4	Kapasitas Tower Crane	21
3.4.1.5	Kriteria Pemilihan Tower Crane	21
3.4.2	Concrete Bucket	22
3.4.3	Generator Set	23
3.5	Aspek Produktivitas	23
3.5.1	Berat Beban Yang Diangkut	26
3.5.1.1	Berat Beton segar	26
3.5.1.2	Berat Tulangan	26
3.5.1.3	Berat Bekisting	27
3.5.1.4	Berat Perancah	27
3.5.2	Waktu Siklus	27
3.6	Aspek Biaya	29
3.6.1	Biaya Proyek	29
3.6.2	Biaya Peralatan	30
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		33
4.1	Tinjauan Umum	33
4.2	Subjek dan Objek Penelitian	33
4.3	Tahapan Penelitian	33
4.3.1	Perumusan Masalah Dan Identifikasi	33
4.3.2	Studi Literatur	33
4.3.3	Pengumpulan Data	34
4.3.4	Perhitungan Dan Pengolahan Data	36
4.3.5	Pembahasan	36
4.3.6	Kesimpulan dan Saran	37
BAB V PEMBAHASAN		38
5.1	Data Proyek	38
5.1.1	Lokasi Proyek	38
5.1.2	Data Awal Proyek	40

5.1.3	Data Alat Berat	40
5.1.4	Pemilihan jenis & kapasitas tower crane alternatif	41
5.1.4.1	Penentuan jenis tower crane alternatif	41
5.1.4.2	Penentuan kapasitas tower crane alternatif	42
5.1.5	Tower crane	43
5.1.6	Data Jarak Perpindahan Material	44
5.1.7	Data Waktu Siklus	45
5.2	Perbandingan Spesifikasi Tower Crane	45
5.3	Produktivitas Tower Crane	46
5.3.1	Produktivitas Tower Crane Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)	46
5.3.1.1	Perhitungan Volume Pekerjaan	46
5.3.1.2	Perhitungan waktu siklus	54
5.3.1.3	Perhitungan Produktivitas Tower Crane Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)	57
5.3.2	Produktivitas Tower Crane Alternatif (Potaindo MC 310 K12)	59
5.3.2.1	Perhitungan Volume Pekerjaan	59
5.3.2.2	Perhitungan Waktu Siklus Pemindahan	59
5.3.2.3	Perhitungan Produktivitas Tower Crane Alternatif (Potaindo MC 310 K12)	64
5.3.3	Perbandingan Produktivitas Tower Crane Eksisting dengan Tower Crane Alternatif	66
5.4	Biaya Operasional Tower crane	66
5.4.1	Perhitungan Biaya Operasional	67
5.4.1.1	Biaya Operasional TC Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)	67
5.4.1.2	Biaya Operasional TC Alternatif (Potaindo MC 310 K12)	71
5.4.2	Perbandingan Biaya Tower crane	75
5.5	Pembahasan	75
5.5.1	Produktivitas	75

5.5.2 Biaya Operasional	77
5.5.3 Pembahasan Keseluruhan	79
BAB VI PENUTUP	80
6.1 Kesimpulan	80
6.2 Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang	8
Tabel 3. 1 Faktor kondisi kerja dan manajemen	25
Tabel 3. 2 Faktor Waktu Kerja Efektif	25
Tabel 3. 3 Faktor keadaan cuaca	25
Tabel 3. 4 Faktor keterampilan dan crew	26
Tabel 5. 1 Spesifikasi Tower crane	45
Tabel 5. 2 Volume Pekerjaan Harian 7 November 2020	53
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Volume Pekerjaan	54
Tabel 5. 4 Waktu Siklus TC eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) Sabtu, 7 November 2020.	56
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Waktu Siklus Pengangkatan Material (21 hari)	57
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Produktivitas Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E	58
Tabel 5. 7 Waktu Siklus Potaindo MC 310 K12 hari Sabtu 7 November 2020	63
Tabel 5. 8 Rekapitulasi Waktu Siklus <i>Tower crane</i> Potaindo MC 310 K12	64
Tabel 5. 9 Rekapitulasi Produktivitas Tower crane Potaindo MC 310 K12	65
Tabel 5. 10 Perbandingan Produktivitas <i>Tower crane</i>	66
Tabel 5. 11 Data Biaya Operasional	67
Tabel 5. 12 Perbandingan Biaya Operasional <i>Tower crane</i>	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Bagian – Bagian Towe Crane	21
Gambar 3. 2 Concrete Bucket	23
Gambar 3. 3 Generator Set	23
Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian	37
Gambar 5. 1 Lokasi Proyek TILC UGM	38
Gambar 5. 2 Detail Lokasi Proyek TILC UGM	39
Gambar 5. 3 Letak Tower Crane Terhadap Bangunan	44
Gambar 5. 4 Histogram Perbandingan Produktivitas <i>Tower Crane</i>	76
Gambar 5. 5 Histogram Perbandingan Biaya Operasional <i>Tower Crane</i>	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengangkatan Material	83
Lampiran 2 Data Jarak, Sudut & Elevasi	85
Lampiran 3 Data Waktu Siklus TC Eksisting Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E	87
Lampiran 4 Data Waktu Siklus TC Alternatif Potaindo MC 310 K12	89
Lampiran 5 Produktifitas TC Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)	91
Lampiran 6 Produktifitas TC Alternatif (Potaindo MC 310 K12)	92
Lampiran 7 Berat Jenis Material	93
Lampiran 8 Foto Kegiatan	93
Lampiran 9 Data Spesifikasi <i>Tower Crane Eksisting, Alternatif & Genset</i>	99
Lampiran 10 Spesifikasi Detail TC Eksisting & Alternatif	102
Lampiran 11 <i>Siteplan</i> Lokasi Proyek TILC UGM	104
Lampiran 12 Denah Lanta 1 – 9 & Atap	105
Lampiran 13 Lembar Wawancara	118
Lampiran 14 Harga Solar Industri	120
Lampiran 15 Data Jarak, Sudut & Elevasi	121
Lampiran 16 Radius Tower Crane Alternatif Terhadap Bangunan	121

DAFTAR NOTASI DAN SINGKAKATAN

Q	=	Produktivitas
q	=	Kapasitas (kg)
w_s	=	waktu siklus (jam)
T	=	Satuan waktu (jam, menit, detik)
W_{BS}	=	Berat beton segar (kg)
V	=	Volume beton segar (m^3)
ρ_{BS}	=	Berat jenis beton segar (kg/m^3)
W_{pb}	=	Berat tulangan (kg)
L	=	Panjang tulangan (m)
ρ_{pb}	=	Berat jenis tulangan (kg/m)
W_{BK}	=	Berat bekisting (kg)
V	=	Volume bekisting (m^3)
ρ_{BK}	=	Berat jenis kayu bekisting (kg/m^3)
W_p	=	Berat perancah (kg)
n	=	Jumlah perancah (<i>buah</i>)
w_{ps}	=	Berat perancah per set (kg)
Ct	=	Circulation time (waktu siklus)
Lt	=	Loading time (waktu muat)
Ht	=	Hauling time (waktu pemindahan)
Dt	=	Dumping time (waktu pembongkaran)
Rt	=	Return time (waktu kembali)
T_v	=	Waktu tempuh vertikal (menit)
D_v	=	Jarak tempuh vertikal (meter)
V_v	=	Kecepatan hoisting (meter/menit)
T_r	=	Waktu tempuh rotasi (menit)
D_r	=	Jarak tempuh rotasi (radian)
V_r	=	Kecepatan berotasi (radian/menit)

- T_h = Waktu tempuh horizontal (menit)
 D_h = Jarak tempuh horizontal (meter)
 V_h = Kecepatan geser horizontal (meter/menit)
FOM = Faktor operasi mesin (waktu siklus mesin)
FW = Faktor waktu
PB = Kondisi dasar pemakaian per DK (standar mesin)
Q = Jumlah penggunaan galon per jam
DK = Daya kuda standar mesin
C = Kapasitas mesin
t = Durasi penggunaan pelumas
f = Faktor pengoperasian



ABSTRAK

Alat berat memiliki peranan penting dalam proyek konstruksi. Alat digunakan untuk mempermudah pekerjaan dan memangkas waktu yang dibutuhkan. Beragam jenis alat dalam sebuah proyek salah satunya adalah *tower crane*. *Tower crane* digunakan untuk memudahkan pengangkutan material, dapat secara vertikal maupun horizontal. Setiap *tower crane* memiliki kapasitas yang berbeda. Oleh karena itu diperlukan pertimbangan yang bijak dalam penentuan *tower crane*.

Dalam proyek TILC UGM menggunakan *tower crane* tipe Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E, sementara itu dalam penelitian kali ini berinisiatif untuk mengganti *tower crane* dilapangan dengan *tower crane* pengganti menggunakan *tower crane* Potaindo MC 310 K12, *tower crane* ini dipilih dikarenakan memiliki spesifikasi yang relatif lebih baik dari segi kapasitas alat penggerak dan dari segi biayanya dibanding *tower crane* eksisting. Oleh karena itu pada penelitian kali ini ingin membuktikan apakah *tower crane* pengganti alternatif yang dipilih lebih efektif dan efisien ataukah tidak.

Berdasarkan analisa perhitungan produktivitas, *tower crane* eksisting Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E memiliki nilai produktivitas sebesar 6.502,72 Kg/jam sedangkan *tower crane* alternatif Potaindo MC 310 K12 sebesar 7.957,397 Kg/jam. Selisih dari kedua *tower crane* tersebut adalah sebesar 1.454,677 Kg/jam atau sebesar 18,281%. Berdasarkan analisa biaya untuk *tower crane* eksisting sebesar Rp 678.512,00 perjam dan *tower crane* alternatif sebesar Rp 792.486,00 perjam dan selisih biaya dari kedua *tower crane* tersebut sebesar Rp 113.974,00 perjam atau sebesar 14,38%.

Kata kunci: Biaya operasional, produktivitas, *tower crane*.

ABSTRACT

Heavy equipment has an important role in construction projects. Tools are used to make work easier and cut the time needed. Various types of tools in a project, one of which is a tower crane. Tower cranes are used to facilitate the transportation of materials, either vertically or horizontally. Each tower crane has a different capacity. Therefore, wise considerations are needed in determining the tower crane.

In the TILC UGM project using the Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E type tower crane, meanwhile in this study the initiative to replace the tower crane in the field with a replacement tower crane using the Potaindo MC 310 K12 tower crane, this tower crane was chosen because it has relatively more specifications. both in terms of the capacity of the propulsion equipment and in terms of cost compared to the existing tower crane. Therefore, in this study, we want to prove whether the alternative replacement tower crane chosen is more effective and efficient or not.

Based on the analysis of productivity calculations, the existing Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E tower crane has a productivity value of 6,502.72 Kg/hour while the alternative tower crane Potaindo MC 310 K12 is 7,957.397 Kg/hour. The difference between the two tower cranes is 1,454,677 Kg/hour or 18.281%. Based on the cost analysis for the existing tower crane, it is Rp. 678,512.00 per hour and the alternative tower crane is Rp. 792,486.00 per hour and the difference in costs from the two tower cranes is Rp. 113,974.00 per hour or 14.38%.

Keywords: Operational cost, productivity, tower crane.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi semakin maju agar bisa bersaing maka perlu adanya peningkatan kapasitas sumberdaya manusia. Didalam dunia pendidikan dituntut untuk melakukan sebuah inovasi untuk dapat bersaing. Seperti halnya kampus Universitas Gadjah Mada yang memutuskan untuk membangun sebuah gedung *Teaching Industry Learning Center* (TILC) yang nantinya difungsikan sebagai pusat riset bagi mahasiswa Sekolah Vokasi UGM dalam mengembangkan teori untuk berinovasi. Dalam rencananya proyek konstruksi gedung ini akan dibangun sejumlah 9 lantai yang ditargetkan selesai dalam waktu satu tahun.

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang hanya satu kali dilaksanakan dan umumnya berjangka waktu pendek. Dalam rangkaian kegiatan tersebut, terdapat suatu proses yang mengolah sumber daya proyek menjadi suatu hasil kegiatan yang berupa bangunan. Proses yang terjadi dalam rangkaian kegiatan tersebut tentunya melibatkan pihak-pihak yang terkait, baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Ervianto (2002). Oleh karena itu dalam suatu proyek konstruksi dibutuhkan manajemen yang bisa melaksanakan perencanaan, pengendalian, dan koordinasi dalam suatu proyek dari awal hingga akhir proses konstruksi. Salah satu aspek yang memegang peranan penting dalam pengendalian waktu dan biaya adalah manajemen alat konstruksi.

Dalam dunia konstruksi Terdapat banyak macam alat dalam pembangunan sebuah gedung. Alat berat digunakan untuk mempermudah dan mempercepat proses pembangunan suatu bangunan. Alat berat yang sering digunakan dalam konstruksi proyek gedung antara lain seperti alat pemancang tiang pondasi (*pile driving*), alat penggali (*backhoe*) untuk pekerjaan galian *basement*, *truck*, *truck concrete mixer*, *crane* dan lain – lain. Setiap alat memiliki fungsi dan kapasitas yang berbeda.

Salah satu alat yang tidak kalah penting adalah *crane*. *Crane* merupakan alat yang digunakan untuk mengangkat material atau peralatan konstruksi dari elevasi

yang rendah ke elevasi yang lebih tinggi, *crane* juga bisa memindahkan material secara horizontal. *Crane* sendiri mampu mengangkut beban seperti tulangan beton bertulang, perancah, bekisting dan material lain. Alat berat *crane* sendiri memiliki berbagai jenis mulai yang dari statis hingga *crane* yang memiliki sistem penggerak. Karakteristik operasional semua *crane* pada prinsipnya sama, dengan perbedaan pada penggerakannya.

Dalam proyek konstruksi bangunan Sekolah Vokasi UGM sendiri menggunakan *tower crane*. *Tower crane* yang digunakan adalah jenis *free standing crane*. Pada proyek ini bisa menggunakan *tower crane* karena lokasi sekitar proyek yang tidak ada penghalang bangunan tinggi maupun pohon tinggi di sekitar areal proyek tersebut, sehingga bisa menggunakan alat tersebut. *Free standing crane* sendiri berdiri diatas pondasi khusus yang telah dipersiapkan untuk alat tersebut. Syarat dari pondasi *crane* adalah pondasi tersebut harus mampu menahan gaya momen akibat beban angin dan ayunan beban, berat *crane* dan berat material yang diangkat.

Setiap tipe *tower crane* memiliki kapasitas produktivitas yang berbeda yang mana nantinya akan mempengaruhi volume pekerjaan yang dapat terselesaikan dalam waktu tertentu. Tingkat produktivitas *tower crane* ini juga akan berimbas pada durasi waktu penggunaan *tower crane*. Semakin tinggi tingkat produktivitas maka durasi yang diperlukan semakin sedikit sehingga jumlah biaya yang diperlukan semakin sedikit. Begitu juga jika biaya yang digunakan relatif sedikit maka durasi waktu yang dibutuhkan akan semakin lama dan untuk biaya akan bertambah. Untuk itu diperlukan pertimbangan yang bijak untuk memilih tipe *tower crane* yang akan digunakan dalam proyek konstruksi.

Teruntuk proyek TILC UGM sendiri menggunakan *tower crane* dengan tipe Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E, sementara itu dalam penelitian kali ini berinisiatif untuk mengganti *tower crane* dilapangan dengan *tower crane* pengganti, *tower crane* pengganti yang akan digunakan adalah *tower crane* dengan merk Potaindo MC 310 K12, *tower crane* ini dipilih dikarenakan tipe *tower crane*

ini memiliki spesifikasi yang relatif lebih baik dari segi kapasitas beban dan alat penggeraknya dibanding *tower crane* eksisting.

Oleh karena itu pada penelitian kali ini ingin membuktikan apakah *tower crane* pengganti alternatif yang dipilih lebih efektif dan efisien ataukah tidak jika dibandingkan dengan *tower crane* eksisting. Yakni dengan cara melakukan perhitungan perbandingan biaya dan produktifitas antara kedua tipe *tower crane* tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka rumusan permasalahan yang berkaitan dengan identifikasi dan analisis yaitu:

1. Berapa besaran produktivitas untuk penggunaan *tower crane* existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) pada pembangunan gedung TILC Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada ?
2. Berapa jumlah biaya yang diperlukan untuk penggunaan *tower crane* existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) pada pembangunan gedung TILC Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui perbandingan produktifitas pelaksanaan pekerjaan menggunakan *tower crane* existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12).
2. Mengetahui perbandingan biaya pelaksanaan pekerjaan menggunakan *tower crane* existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Untuk akademisi adalah sebagai bahan referensi dan bahan pembelajaran tentang *tower crane* dalam pelaksanaan sebuah proyek.

2. Untuk praktisi adalah sebagai bahan pertimbangan dan acuan dalam menentukan tipe *tower crane* yang bisa diaplikasikan di lapangan.
3. Menambah wawasan bagi peneliti mengenai optimalisasi pemilihan *tower crane* dari aspek waktu dan biaya.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan – Batasan yang di ambil dapalam penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan gedung TILC Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada.
2. Analisa biaya operasional yakni meliputi biaya sewa, operasional alat, biaya operator (*tower crane & genset*), mobilisasi & demobilisasi (*tower crane & genset*) dan *erection dismantle*.
3. Batasan pekerjaan pada penelitian *tower crane* ini adalah pada pekerjaan struktur utama bangunan, meliputi pekerjaan kolom, balok, pelat dan tangga.
4. Material yang diangkut adalah penulangan, beton segar, bekisting dan perancah.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini membutuhkan tinjauan pustaka untuk memberikan landasan teori yang kuat dalam proses pelaksanaan penelitian supaya mendapatkan hasil yang optimal. Tinjauan pustaka tersebut didapat dari hasil penelitian yang terkait dengan judul tugas akhir ini yaitu penelitian tentang menentukan perbandingan biaya dan produktivitas pada alat berat *tower crane* di lapangan (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dengan *tower crane* pengganti (Potaindo MC 310 K12).

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dilakukan sebagai acuan dan referensi untuk menyusun konsep dalam langkah - langkah yang akan dilakukan dalam penulisan tugas akhir. Adapun penelitian – penelitian tersebut sebagai berikut.

1. Pada penelitian yang dilakukan oleh Dhimas Thole Danutirto (2019) yang berjudul “Perbandingan Biaya dan Produktivitas *Tower Crane* Antara Tipe Potain FO/23B dan XCMG FO/23B (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah Yogyakarta)”. Penelitian ini bertujuan untuk mencari besaran produktivitas *tower crane* yang berada di lapangan yakni tipe Potain dan *tower crane* pengganti yakni tipe XCMG. Dalam penelitian kali ini juga melakukan pengecekan kapasitas maksimum pada tiap – tiap pekerjaan. Serta menghitung biaya operasional *tower crane* yang berada di lapangan dengan *tower crane* teoritis. Penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Gedung museum Muhammadiyah Yogyakarta. Dalam penelitian ini hal yang diamati adalah dalam proses pekerjaan struktur utama meliputi kolom, balok, pelat dan tangga. Metodologi dalam penelitian kali ini adalah melakukan observasi ke lokasi proyek, observasi ini meliputi pengumpulan data primer yang berupa data volume pekerjaan, spesifikasi *tower crane* Potain dan mengamati waktu siklus *tower crane* di lapangan. Data yang kedua adalah data sekunder yang berupa data spesifikasi alat *tower crane* pembanding dengan tipe XCMG FO 23/B. Kesimpulan dalam penelitian kali ini adalah produktivitas

tower crane Potain sebesar 9.846,87 kg/jam dan biaya operasional sebesar Rp 492.521,15 per jam sementara untuk *tower crane* XCMG memiliki produktifitas sebesar 9.731,30 kg/jam dan dengan biaya operasional sebesar Rp 360.458,99 per jam. Besaran pengangkatan maksimum pada tiap pekerjaan nilainya dibawah kapasitas maksimum pada *tower crane* Potain maupun *tower crane* XCMG sehingga kinerja *tower crane* dinilai masih aman.

2. Pada penelitian yang dilakukan oleh Muhammad Ridha (2011) yang berjudul “Perbandingan Biaya Dan Waktu Pemakaian Alat Berat *Tower Crane* Dan *Mobil Crane* Pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya”. Penelitian kali ini bertujuan untuk mencari durasi waktu yang dibutuhkan dalam pembangunan gedung yang meliputi pekerjaan kolom, balok, pelat, tangga dan *sheerwall* dengan menggunakan kombinasi antara *tower crane concrete pump* yang berada di lapangan dan menggunakan alat pengganti yakni *mobile crane* dan nantinya akan dikombinasikan dengan alat *concrete pump* dan penggunaan alat banti derobak dorong. Yang kedua adalah mencari besaran biaya operasi per jam yang dibutuhkan dari kedua alat tersebut dan nantinya akan dikalikan dengan waktu durasi yang telah dihitung. Sehingga nantinya bisa diketahui biaya total selama pemakaian alat berat tersebut. Pada penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Rumah Sakit Haji Surabaya. Observasi yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah pengumpulan data proyek dan spesifikasi tiap alat berat meliputi gambar struktur proyek dan volume pekerjaan. Mengamati durasi siklus *tower crane* di lapangan untuk dijadikan sample. Kesimpulan dari penelitian kali ini dalam pengerjaan struktur utama adalah waktu yang dibutuhkan untuk kombinasi antara *tower crane* dengan *concrete pump* selama 533,84 jam sementara untuk kombinasi *mobile crane* dengan *concrete pump* selama 695,19 jam. Untuk jumlah biaya operasional untuk kombinasi *tower crane* dengan *concrete pump* sebesar Rp 739.810.713,00 sedangkan untuk kombinasi *mobile crane* dengan *concrete pump* sebesar Rp 5224.097.713,00. Berdasarkan perbandingan waktu dan biaya maka pada proyek pembangunan Gedung IGD, Bedah Sentral dan Rawat Inap Maskin RSUD Haji Surabaya, untuk pekerjaan

pengangkatan material dan pengecoran sebaiknya menggunakan kombinasi peralatan *tower crane* dan *concrete pump*, karena lebih efisien dari segi waktu. Namun bila meninjau dari segi biaya atau penghematan maka disarankan menggunakan kombinasi *mobile crane* dan *concrete pump*.

3. Pada penelitian dilakukan oleh Iqafdi Ardiansyah Ahmad yang berjudul “Analisis Produktivitas Dan Biaya Operasional *Tower Crane* Pada Proyek Puncak *Central Business District* Surabaya”. Pada penelitian kali ini dengan tujuan untuk menganalisis besarnya nilai produktifitas dan menghitung biaya dari penggunaan *tower crane* yang berada di lapangan. Pada penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Puncak *Central Business District* Surabaya. Penelitian kali ini dilakukan dengan cara mengamati aktivitas *tower crane* yang berada dilapangan. *Tower crane* yang berada di lapangan ada berjumlah 3 buah, yakni *tower crane A*, *tower crane B* dan *tower crane C*. dalam pengamatan sendiri dilakukan selama 20 hari. Volume pekerjaan yang diamati adalah pada pekerjaan pengangkatan beton segar, bekisting, tulangan, perancah, hebel dan tie rod. Kesimpulan dari penelitian ini adalah besaran produktifitas rata – rata *tower crane A* sebesar 10001,12 kg/jam, *tower crane B* sebesar 994130 kg/jam dan *tower crane C* sebesar 9620,49 kg/jam. Hal ini menunjukkan bahwa produktivitas rata – rata *tower crane A* lebih besar dibandingkan *tower crane* yang lainnya. Hal ini dikarenakan *tower crane A* memiliki kesempatan pengangkatan material lebih banyak dibandingkan *tower crane* yang lainnya. Sementara dalam aspek biaya operasional masing – masing *tower crane* pada proyek kali ini *tower crane A* sebesar Rp 729.535,71 per jam, *tower crane B* sebesar Rp 715.497,71 per jam dan *tower crane C* sebesar Rp 715.497,71 per jam.

2.3 Perbandingan Penelitian Dengan Penelitian Terdahulu

Adapun perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	1	2	3	4
Peneliti	Dhimas Thole Danutirto (2019)	Muhammad Ridha (2011)	Iqafdi Ardiansyah Ahmad (2018)	Wendy Oktianto (2020)
Judul	Perbandingan Biaya dan Produktivitas <i>Tower Crane</i> Antara Tipe Potain FO/23B dan XCMG FO/23B.	Perbandingan Biaya Dan Waktu Pemakaian Alat Berat <i>Tower Crane</i> Dan <i>Mobil Crane</i> Pada Proyek Rumah Sakit Haji Surabaya.	Analisis Produktivitas Dan Biaya Operasional <i>Tower Crane</i> Pada Proyek Puncak <i>Central Business District</i> Surabaya.	Perbandingan biaya dan produktivitas <i>tower crane existing</i> dan <i>tower crane alternatif</i> (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung <i>Teaching Industry Learning Center</i> (TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada).
Alat Berat	Dua buah <i>tower crane</i> .	<i>Tower crane</i> dan <i>Mobile crane</i> .	Tiga buah <i>tower crane</i> .	Dua buah <i>tower crane</i> .

Lanjutan Tabel 2. 2 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	1	2	3	4
Tujuan	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung produktivitas <i>tower crane</i> tipe potain FO/23B dan XCMG FO/23. • Pengecekan beban maksimum terhadap kapasitas <i>tower crane</i>. • Menghitung biaya operasional <i>tower crane</i> tipe potain FO/23B dan XCMG FO/23. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung biaya dan durasi waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan <i>tower crane</i> yang dikombinasikan dengan <i>concrete pump</i>. • Mengetahui biaya dan waktu pelaksanaan pekerjaan dengan menggunakan <i>mobil crane</i> yang dikombinasikan dengan <i>concrete pump</i> dan alat bantu. • Mengetahui pemakaian alat berat yang paling efisien dari segi waktu dan biaya. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menganalisis produktivitas <i>tower crane A</i>, <i>tower crane B</i> dan <i>tower crane C</i>. • Menghitung besaran biaya operasional <i>tower crane A</i>, <i>tower crane B</i> dan <i>tower crane C</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menghitung produktivitas dan biaya pelaksanaan pekerjaan menggunakan <i>tower crane existing</i>. • Menghitung produktivitas dan biaya pelaksanaan pekerjaan menggunakan <i>tower crane alternatif</i>.

Lanjutan Tabel 2. 3 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	1	2	3	4
Hasil	<ul style="list-style-type: none"> • produktifitas <i>tower crane</i> Potain sebesar 9.846,87 kg/jam dan <i>tower crane</i> XCMG memiliki produktifitas sebesar 9.731,30 kg/jam . • biaya operasional tipe Potain sebesar Rp 492.521,15 per jam dan biaya operasional tipe XCMG sebesar Rp 360.458,99 per jam. • volume pengangkatan masih di bawah kapasitas maksimum jadi masih aman. 	<ul style="list-style-type: none"> • waktu yang dibutuhkan untuk kombinasi antara <i>tower crane</i> dengan <i>concrete pump</i> selama 533,84 jam dan kombinasi <i>mobile crane</i> dengan <i>concrete pump</i> selama 695,19 jam. • biaya operasional untuk kombinasi <i>tower crane</i> dengan <i>concrete pump</i> sebesar Rp 739.810.713,00 dan kombinasi <i>mobile crane</i> dengan <i>concrete pump</i> sebesar Rp 5224.097.713,00.. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produktifitas rata – rata <i>tower crane</i> A sebesar 10001,12 kg/jam, <i>tower crane</i> B sebesar 994130 kg/jam dan <i>tower crane</i> C sebesar 9620,49 kg/jam. • Biaya operasional masing – masing <i>tower crane</i> pada proyek kali ini <i>tower crane</i> A sebesar Rp 729.535,71 per jam, <i>tower crane</i> B sebesar Rp 715.497,71 per jam dan <i>tower crane</i> C sebesar Rp 715.497,71 per jam. 	

Lanjutan Tabel 2. 4 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

	1	2	3	4
		<ul style="list-style-type: none"> • Ditinjau dari segi waktu <i>tower crane</i> dan <i>concrete pump</i> memiliki durasi yang paling cepat dan jika ditinjau dari segi biaya <i>mobile crane</i>, <i>concrete pump</i> dan alat bantu lebih hemat. 		

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Proyek Konstruksi

Rani (2016). Menyatakan bahwa proyek adalah suatu kegiatan yang dilakukan dengan durasi waktu dan sumberdaya yang terbatas demi mencapai hasil akhir yang akan dicapai. Dalam mencapai sebuah hasil akhir, dalam kegiatan proyek dibatasi oleh aspek *triple constrain* yakni meliputi anggaran, jadwal dan mutu.

Soeharto (1999). Menyatakan bahwa dalam sebuah proyek terdapat *triple constraint*. Yakni terdiri dari besar biaya yang dialokasikan, jadwal, serta mutu yang harus dipenuhi. Ketiga hal tersebut merupakan parameter penting bagi penyelenggara proyek yang sering diasosiasikan sebagai sasaran proyek. Ketiga batasan di atas disebut tiga kendala (*triple constraint*). Ketiga hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Anggaran

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran yang ditentukan. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal pengerjaan bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan secara total proyek, tetapi dibagi atas komponen-komponennya atau per periode tertentu yang jumlahnya disesuaikan dengan keperluan. Sehingga penyelesaian bagian-bagian proyek pun harus memenuhi sasaran anggaran per periode.

2. Jadwal

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan rentang waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan dan disetujui bersama. Bila hasil akhir adalah produk baru, maka penyerahannya tidak boleh melewati batas waktu yang sudah ditentukan.

3. Mutu

Produk atau hasil kegiatan proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang dipersyaratkan. Sebagai contoh, jika hasil kegiatan proyek tersebut berupa pembangunan pabrik, maka kriteria yang harus dipenuhi adalah pabrik harus mampu beroperasi secara memuaskan dalam kurun waktu yang telah ditentukan.

sehingga, memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan atau sering disebut sebagai *fit for the intended use*.

Ketiga batasan tersebut bersifat tarik-menarik. Artinya, jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati dalam kontrak, maka umumnya harus diikuti dengan meningkatkan mutu. Hal ini selanjutnya berakibat pada naiknya biaya sehingga melebihi anggaran. Sebaliknya, bila ingin menekan biaya, maka biasanya harus berkompromi dengan mutu atau jadwal.

Menurut Halpin (1998). Menyatakan bahwa secara luas, proyek konstruksi dapat dibagi dalam 3 kategori, yakni: konstruksi gedung, konstruksi teknik dan konstruksi industri. Ketiga hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Konstruksi gedung

Konstruksi gedung adalah bangunan yang digunakan untuk fasilitas – fasilitas umum seperti bangunan pendidikan, institusional, komersial, sosial dan tempat rekreasi. Contoh bangunan konstruksi gedung ini adalah perkantoran, apartemen pusat perbelanjaan, rumah sakit dan sekolah. Konstruksi gedung biasanya didesain oleh arsitek dan juga insinyur sipil, sementara material yang diperlukan lebih ditekankan pada aspek – aspek arsitektural.

2. Konstruksi teknik

Dalam kategori konstruksi teknik ini pada perencanaan struktur biasanya didesain oleh para ahli dan dibuat untuk infrastruktur yang menunjang kegiatan masyarakat. Dalam kategori ini dibagi menjadi 2 macam, yakni:

a. Konstruksi jalan

Proyek ini meliputi proses penggalian, pengurugan, perkerasan jalan, drainase dan konstruksi jembatan. Konstruksi jalan ini biasanya dirancang oleh pihak departemen pekerjaan umum setempat.

b. Konstruksi berat

Proyek ini meliputi proyek – proyek utilitas sebuah negara, waduk, bendungan, transportasi kereta api, transportasi laut dan transportasi udara. Konstruksi ini bisa dari pemerintah pusat maupun bekerja sama dengan pihak swasta.

3. Konstruksi industri

Konstruksi ini biasanya melibatkan proyek – proyek teknik tingkat tinggi dalam proses produksi dan pelaksanaannya. Dalam beberapa proyek, kontraktor dan arsitek menjadi berada pada satu manajemen untuk mendesain dan melaksanakan pembangunan pabrik bagi pemilik proyek. Contoh proyek ini adalah seperti pada pembangunan perminyakan, pabrik petrochemical dan pabrik lainnya.

3.2 Manajemen Proyek

Rani (2016). Menyatakan bahwa manajemen konstruksi adalah usaha yang dilakukan melalui proses manajemen yaitu perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian terhadap kegiatan-kegiatan proyek dari awal sampai akhir dengan mengalokasikan sumber-sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu hasil yang memuaskan sesuai sasaran yang diinginkan.

Soeharto (1999). Menyatakan bahwa manajemen adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan kegiatan anggota serta sumber daya yang lain untuk mencapai sasaran organisasi (perusahaan) yang telah ditentukan.

Fungsi manajemen menurut pengertian di atas dapat diuraikan lebih lanjut sebagai berikut:

1. Merencanakan

Yang dimaksudkan adalah memilih dan menentukan langkah-langkah kegiatan yang akan datang yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. langkah pertama adalah menentukan tujuan yang hendak dicapai, kemudian menyusun urutan langkah kegiatan untuk mencapainya. Berangkat dari pengertian ini maka perencanaan dimaksudkan untuk menjembatani antara tujuan yang akan diraih dengan keadaan atau situasi awal. Salah satu kegiatan perencanaan adalah pengambilan keputusan, mengingat hal ini diperlukan dalam proses pemilihan alternatif.

2. Mengorganisir

Mengorganisir adalah sebagai segala sesuatu yang berhubungan dengan cara bagaimana mengatur dan mengalokasikan kegiatan serta sumber daya kepada para peserta kelompok (organisasi) agar dapat mencapai sasaran secara efisien.

Hal ini berarti perlunya pengaturan peranan masing-masing anggota. Peranan ini kemudian dijabarkan menjadi pembagian tugas, tanggung jawab, dan otoritas. Atas dasar pembagian tersebut selanjutnya dirancang struktur organisasi.

3. Memimpin

Kepemimpinan adalah aspek yang penting dalam mengelola suatu usaha, yakni mengarahkan dan mempengaruhi sumber daya manusia dalam sebuah organisasi agar mau bekerja dengan sukarela untuk mencapai tujuan yang telah ditentukan. Mengarahkan dan mempengaruhi ini erat hubungannya dengan motivasi, pelatihan, kepenyeliaan, koordinasi, dan konsultasi. Faktor lain yang perlu diperhatikan adalah gaya kepemimpinan yang hendak diterapkan karena dapat berpengaruh besar terhadap keberhasilan dalam proses mencapai sebuah tujuan.

4. Mengendalikan

Mengendalikan adalah menuntun, dalam arti memantau, mengkaji, dan bila perlu mengadakan koreksi agar hasil kegiatan sesuai dengan yang telah ditentukan. Jadi, dalam fungsi ini, hasil-hasil pelaksanaan kegiatan selalu diukur dan dibandingkan dengan rencana awal yang telah ditentukan. Oleh karena itu, umumnya telah dibuat tolok ukur, seperti anggaran, standar mutu, jadwal penyelesaian pekerjaan, dan lain-lain. Jika terjadi penyimpangan, maka harus segera dilakukan perbaikan. Dengan demikian, pengendalian adalah salah satu upaya untuk meyakini bahwa arus kegiatan bergerak kearah yang benar.

5. *Staffing*

Staffing sering dimasukkan sebagai salah satu fungsi manajemen, tetapi banyak yang menganggap kegiatan ini merupakan bagian dari fungsi mengorganisir. *Staffing* meliputi pengadaan tenaga kerja, jumlah ataupun kualifikasi yang diperlukan bagi pelaksanaan kegiatan, termasuk perekrutan (*recruiting*), pelatihan, dan penyeleksian untuk menempati posisi-posisi dalam organisasi.

3.3 Manajemen Peralatan Proyek

Rostiyanti (2008). Menyatakan bahwa dalam pelaksanaan proyek yang memiliki skala yang besar, penggunaan alat berat merupakan salah satu faktor penting. Tujuan penggunaan alat – alat berat tersebut adalah untuk memudahkan

pekerjaan dalam melaksanakan suatu proyek sehingga diharapkan proses pengerjaan proyek bisa jauh lebih mudah dan dapat mempercepat durasi pekerjaan.

Pada setiap proyek yang akan dilaksanakan, pihak kontraktor akan memilih peralatan berat yang akan digunakan. Pemilihan jenis alat berat yang akan digunakan adalah salah satu faktor penting kelancaran dalam suatu proyek. Pemilihan alat berat haruslah tepat baik ukuran, jenis maupun jumlahnya. Ketepatan dalam pemilihan alat proyek yang digunakan akan memperlancar jalannya suatu proyek konstruksi. Kesalahan dalam pemilihan alat konstruksi maka akan mengakibatkan proyek konstruksi tidak lancar. Sehingga bisa mengakibatkan keterlambatan dan berimbas pada membengkaknya biaya proyek.

Kholil (2012). Menyatakan bahwa alat berat dapat dikategorikan kedalam beberapa klasifikasi. Klasifikasi tersebut adalah klasifikasi berdasarkan fungsional dan berdasarkan klasifikasi operasional.

1. Klasifikasi fungsional alat merupakan pembagian alat berdasarkan fungsi – fungsi utama alat konstruksi. Berdasarkan fungsinya alat berat dapat dibagi menjadi:
 - a. Alat pengolah lahan seperti *scraper*, *dozer*, dan *motor grader*.
 - b. Alat penggali seperti *front shovel*, *backhoe*, *dragline*, *excavator* dan *clamshell*.
 - c. Alat pengangkut material seperti wagon dan *belt truck*.
 - d. Alat pemindah material seperti *dozer* dan *loader*.
 - e. Alat pemadat seperti *roller*, *compactor*, *tamping roller*, *pneumatic tired* dan lain – lain.
 - f. Alat pemroses material seperti *crusher*
 - g. Alat penempatan akhir material seperti *asphalt paver*, *concrete spreader*, *motor grader* dan alat pemadat.

2. Klasifikasi operasional alat berat

Alat berat dalam pengoperasiannya ada yang dapat bergerak dari suatu tempat ke tempat yang lain dan ada juga yang tidak dapat berpindah (statis). Pengklasifikasian alat berat berdasarkan operasionalnya dapat dilihat sebagai berikut.

- a. Alat berat dengan sistem penggerak seperti *crawler* atau roda kelabang dan ban karet.
- b. Alat berat tanpa sistem penggerak (statis) seperti *tower crane*, *crusher plant* dan *batching plant*.

3. Faktor Pemilihan Alat

Kholil (2012). Menyatakan bahwa penentuan jenis alat berat dilakukan pada waktu tahap perencanaan proyek, penentuan ini meliputi penentuan jenis, jumlah dan kapasitas alat. Tidak semua alat dapat digunakan pada setiap proyek konstruksi, oleh itu diperlukan pemilihan alat berat yang tepat. Jika terjadi kesalahan dalam penentuan alat berat ini maka nantinya akan menimbulkan keterlambatan dan nantinya akan menimbulkan pembengkakan pada biaya konstruksi tersebut.

Berikut adalah faktor -faktor pertimbangan pemilihan alat berat.

a. Fungsi

Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya masing – masing seperti alat untuk penggalian, pengangkutan, meratakan permukaan dan lain – lain.

b. Kapasitas

Pemilihan alat berat yang akan dipilih berdasarkan volume atau berat material yang akan diangkut. Kapasitas alat yang akan dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan dalam waktu yang sudah ditentukan.

c. Cara operasi

Alat berat dipilih berdasarkan jarak pergerakan, kecepatan, frekuensi arah vertikal maupun horizontal dan lain – lain.

d. Pembatasan dari metode yang dipakai

Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat adalah seperti biaya, pembongkaran, lalu lintas dan lain – lain.

e. Ekonomi

Selain biaya sewa maupun biaya investasi peralatan, biaya operasi dan biaya pemeliharaan adalah faktor penting dalam pemilihan alat berat.

f. Jenis proyek atau pekerjaan

Ada beberapa jenis proyek yang memerlukan penggunaan alat berat untuk meringankan pekerjaan konstruksi. Pekerjaan tersebut adalah seperti proyek gedung, jalan, jembatan, pelabuhan dan lain – lain.

g. Jenis tanah dan daya dukung tanah

Jenis tanah yang berlokasi pada proyek akan mempengaruhi peralatan berat yang akan dipakai. Tanah bisa dalam kondisi tanah padat, lepas, lembek maupun keras.

4. Sumber alat berat

Rostiyanti (2008). Menyatakan bahwa alat – alat berat dalam dunia konstruksi dapat berasal dari berbagai macam sumber, antara lain seperti :

a. Alat berat yang dibeli oleh kontraktor

Kepemilikan alat berat sendiri dalam sebuah perusahaan konstruksi merupakan aset yang berharga. Keuntungan dari kepemilikan sendiri alat berat ini adalah biaya pemakaian yang sedikit dalam penggunaannya. Kepemilikan sendiri alat berat juga sangat berpengaruh dalam proses tender, sebab terkadang pihak proyek juga melihat kemampuan suatu kontraktor berdasarkan kepemilikan alat beratnya.

b. Alat berat yang disewa – dibeli (*leasing*) oleh kontraktor

Pengadaan alat berat juga dapat berasal dari perusahaan *leasing* alat berat. Sewa-beli biasanya dilakukan jika pemakaian alat tersebut dalam jangka waktu yang relatif lama. Yang dimaksud dengan sewa – beli adalah pengadaan alat dengan pembayaran pada pihak leasing dalam jangka waktu yang lama dan diakhir masa sewa beli tersebut alat menjadi milik penyewa.

c. Alat berat yang disewa oleh kontraktor

Peralatan proyek yang disewa biasanya dalam kurun waktu yang tidak lama. Biaya sewa alat berat itu tinggi, akan tetapi tidak akan berlangsung lama karena penyewaan dilakukan pada waktu yang relatif singkat.

3.4 Data Peralatan Konstruksi

3.4.1 Tower Crane

3.4.1.1 Pengertian *Tower Crane*

Kholil (2012). Menyatakan bahwa *tower crane* adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengangkut material konstruksi secara vertikal maupun horizontal ke suatu tempat yang lebih tinggi pada ruang gerak yang terbatas.

3.4.1.2 Jenis – Jenis *Tower Crane*

Rostiyanti (2008). Menyatakan bahwa *tower crane* statis terdiri dari dari berbagai macam tipe yaitu sebagai berikut.

1. *Free Standing Crane*

Free standing crane berdiri pada sebuah pondasi khusus yang telah disiapkan sebelumnya. Semakin tinggi *tower crane* yang akan didirikan maka membutuhkan pondasi yang lebih kuat pula yakni menggunakan pondasi tiang pancang. Syarat dari sebuah pondasi *tower crane* adalah bawasanya pondasi *tower crane* dapat menahan beban momen yang diakibatkan oleh beban ayunan beban, beban angin, berat crane dan beban yang diangkat. *Free standing crane* sendiri dapat mencapai tinggi 100 meter. Tiang utama diletakkan diatas dasar (*footing block*) yang kemudian diberi *ballast* sebagai penyeimbang.

2. *Rail Mountaned Crane*

Dalam penggunaan rel pada alat ini dapat mempermudah alat untuk bergerak sepanjang rel khusus. Dalam menentukan penempatan rel ini harus mempertimbangkan ada tidaknya tikungan karena tikungan akan mempersulit gerakan *crane*. Kelemahan dari alat ini adalah biaya untuk pengadaan rel ini cukup mahal.

3. *Tied in Crane*

Crane dengan jenis ini hanya mampu berdiri kurang dari 100 m. jika diperlukan ketinggian yang melebihi 100 m, maka *crane* harus dijangkar dengan struktur utama bangunan. Fungsi dari penjangkaran ini adalah menahan gaya horizontal. Dengan demikian *tower crane* jenis ini bisa mencapai ketinggian 200 m.

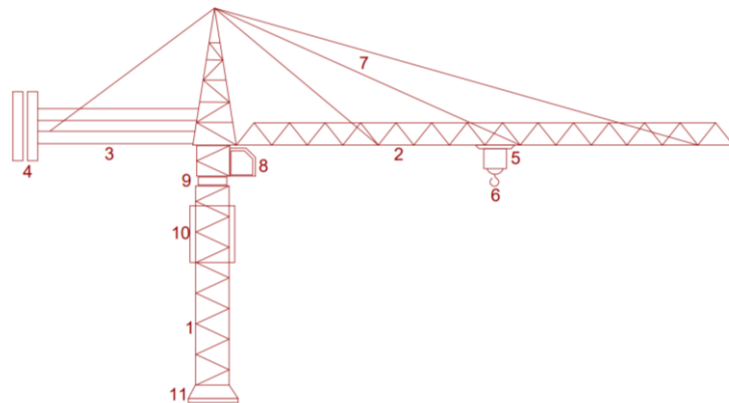
4. *Climbing Crane*

Dalam pelaksanaan proyek yang memiliki lahan terbatas maka penggunaan *tower crane* jenis ini bisa diaplikasikan. *Climbing crane* sendiri diletakan pada struktur utama bangunan. *Crane* jenis ini dapat bergerak naik bersamaan dengan struktur naik.

3.4.1.3 Bagian – Bagian Tower Crane

Rostiyanti (2008). Menyatakan bahwa bagian bagian dari *tower crane* adalah sebagai berikut:

1. *Mast* : Tiang vertikal utama yang berdiri diatas *base*.
2. *Jib* : Tiang horizontal yang panjangnya bisa disesuaikan dengan lokasi yang akan dijangkau.
3. *Counter jib* : Tiang penyeimbang, yang nantinya pada ujung *counter jib* akan dipasangkan *counter weight* sebagai penyeimbang.
4. *Counter weight* : Beban penyeimbang.
5. *Trolley* : Alat penggerak sepanjang jib yang mana digunakan pada pemindahan secara horizontal. *Trolley* ini juga digunakan sebagai tempat *hook*.
6. *Hook* : *Hook* atau kait dapat bergerak naik atau turun untuk mengikat material.
7. *Tie ropes* : Kawat penahan lengan jib agar stabil.
8. Ruang operator : Tempat untuk mengendalikan *tower crane*.
9. *Slewing ring* : Tempat berputarnya lengan *jib*.
10. *Climbing device* : Alat penambah ketinggian *tower crane*.
11. *Footing block* : Pondasi *tower crane*.



Gambar 3. 1 Bagian – Bagian Towe Crane

3.4.1.4 Kapasitas *Tower Crane*

Kholil (2012). Menyatakan bahwa sebuah kapasitas *crane* bergantung pada beberapa faktor. Yang menjadi perhatian adalah pada pengangkutan material yang melebihi kapasitas maka akan terjadi jungkir. Oleh karena itu beban maksimum harus memenuhi kriteria berikut:

1. Untuk *crane* yang memiliki roda *crawler* adalah 75% dari kapasitas alat.
2. Untuk *crane* yang memiliki roda ban karet adalah 85% dari kapasitas alat.
3. Untuk *crane* yang memiliki kaki (*outrigger*) adalah 85% dari kapasitas alat.

Dalam menentukan alat juga harus menentukan beban dari luar. Faktor – faktor tersebut adalah:

1. Beban angin.
2. Ayunan akibat beban material saat dipindahkan.
3. Kecepatan dalam pemindahan material.
4. Proses pengereman mesin dalam pergerakannya.

3.4.1.5 Kriteria Pemilihan *Tower Crane*

Kholil (2012). Menyatakan bahwa Pemilihan *tower crane* dalam proyek konstruksi adalah sebagai alat untuk memindahkan material yang mana didasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian tidak dapat dijangkau oleh alat lain, dan tidak dibutuhkannya pergerakan alat. Dalam penentuannya harus dilakukan pada saat sebelum proyek tersebut dilaksanakan. Hal tersebut dikarenakan dalam pengoperasiannya, *crane* harus ditempatkan pada tempat yang

tepat sehingga bisa mengakomodir segala pekerjaan yang akan dilakukan sesuai dengan daya jangkau alat tersebut.

Faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *tower crane* adalah:

1. Situasi lokasi proyek.
2. Bentuk struktur bangunan.
3. Kemudahan pada proses pemasangan maupun pembongkaran.
4. Ketinggian bangunan yang akan dikerjakan.

Faktor – faktor yang perlu diperhatikan dalam menentukan kapasitas *tower crane* adalah:

1. Dimensi, berat, dan kemampuan daya jangkau pada pengangkutan terberat.
2. Ketinggian maksimum *tower crane*.
3. Perakitan *tower crane* di lokasi proyek
4. Berat alat yang harus mampu ditahan oleh strukturnya.
5. Ruang yang tersedia di lapangan untuk *tower crane*.
6. Luas area yang akan dijangkau oleh *tower crane*.
7. Kecepatan *tower crane* dalam pemindahan material.

3.4.2 Concrete Bucket

Peurifoy (1996). Menyatakan bahwa *concrete bucket* adalah alat pengangkut beton segar dari lokasi *truck mixer* yang kemudian didistribusikan tempat yang akan dilakukan pengecoran baik menggunakan *tower crane* maupun dengan jenis crane yang lainnya. Pada bagian bawah *concrete bucket* ini terdapat sebuah katup yang bisa disesuaikan besar kecilnya. Dalam pemakaian *concrete bucket* harus memperhatikan ketinggian dalam penurunan beton segar yang diangkut. Jika dalam penurunan beton segar terlalu tinggi maka akan terjadi segregasi pada bagian yang dicor. *Concrete bucket* ini memiliki berbagai macam kapasitas mulai dari ukuran $0,4 \text{ m}^3$ sampai 3 m^3 . Tetapi paling umum ditemui adalah kapasitas $0,8 \text{ m}^3$.



Gambar 3. 2 Concrete Bucket

(Sumber : <https://teknologisurvey.com/bucket-cor-beton-everyday-bc800l>)

3.4.3 Generator Set

Generator set adalah alat yang digunakan untuk menyuplai daya untuk pengoperasian *tower crane*.



Gambar 3. 3 Generator Set

(Sumber : <https://sewalaku.com/oc-content/uploads/12/2510.jpg>)

3.5 Aspek Produktivitas

Silalahi (1994) menyatakan produktivitas tenaga kerja dapat diukur dengan menitik beratkan jumlah tenaga kerja yang akan dikerahkan yaitu:

$$P = \frac{\text{Jumlah keluaran satuan waktu}}{\text{Jumlah tenaga persatuan orang}} \quad (3.1)$$

Wignyosoebroto (1995) menyatakan produktivitas kerja didefinisikan untuk perbandingan (rasio) antara output per inputnya, yang bilamana output dalam hal ini ialah berupa unit keluaran yang di hasilkan dan semua masukan (input) dalam satuan moneter maka rumes sebagai berikut.

$$P = \frac{\text{Total output yang dihasilkan (unit)}}{\text{Total input yang dikeluarkan (rupiah)}} \quad (3.2)$$

Kholil (2012). Menyatakan bahwa dalam menentukan durasi suatu pekerjaan maka hal – hal diperlukan adalah seperti volume pekerjaan dan juga produktivitas alat tersebut. Produktivitas suatu alat tergantung pada kapasitas alat dan waktu siklus alat tersebut. Untuk mencari nilai produktivitas bisa menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{q}{W_s} \quad (3.3)$$

dengan:

Q = Produktivitas,

q = Kapasitas (kg) dan

w_s = Waktu siklus (jam).

Rochmanhadi (1984). Menyatakan bahwa pada umumnya waktu siklus ditetapkan dalam satuan menit. Sementasra produktivitas ditetapkan dalam produksi/jam. Jika dalam perhitungan mempertimbangkan faktor efisiensi alat maka rumusnya menjadi:

$$Q = q \times \frac{T}{w_s} \times E \quad (3.4)$$

dengan:

Q = Produktivitas,

q = Kapasitas (kg),

T = Satuan waktu (jam, menit, detik),

w_s = Waktu siklus (jam) dan

E = Efisiensi kerja.

Rochmanhadi (1984). Menyatakan bahwa teruntuk efisiensi kerja dinyatakan dalam besaran faktor koreksi (F_k) yang merupakan suatu faktor yang perlu diperhitungkan, faktor – faktor ini berkaitan dengan mesin, manusia, cuaca dan waktu kerja efektif pengoperasian alat berat yang dapat dilihat pada tabel berikut:

1. Faktor kondisi kerja dan manajemen

Tabel 3. 1 Faktor kondisi kerja dan manajemen

Kondisi Pekerjaan	Kondisi Tata Laksana			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Jelek
Baik Sekali	0,84	0,81	0,76	0,7
Baik	0,75	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6
Jelek	0,68	0,61	0,57	0,52

(Sumber ; Rochmanhadi, 1984)

2. Faktor waktu kerja efektif

Tabel 3. 2 Faktor Waktu Kerja Efektif

Kondisi	Waktu Kerja Efektif	Efisiensi Kerja
Baik Sekali	55 menit/jam	0,92
Baik	50 menit/jam	0,83
Sedang	45 menit/jam	0,75
Jelek	49 menit/jam	0,67

(Sumber ; Rochmanhadi, 1984)

3. Faktor keadaan cuaca

Tabel 3. 3 Faktor keadaan cuaca

Keadaan cuaca	Efisiensi kerja
Cerah	1,0
Cuaca debu/ mendung/ gerimis	0,8

(Sumber ; Rochmanhadi, 1984)

4. Faktor keterampilan dan crew

Tabel 3. 4 Faktor keterampilan dan crew

Keterampilan operator dan crew	Efisiensi kerja
Sempurna	1,0
Rata – rata baik	0,75
kurang	0,6

(Sumber ; Rochmanhadi, 1984)

3.5.1 Berat Beban Yang Diangkut

Pada penggunaan *tower crane* digunakan untuk mengangkut material seperti berat beton segar, tulangan, bekisting dan *scaffolding*. Dalam perhitungan berat beban ini yang dibutuhkan adalah volume beban dan juga berat jenis beban masing – masing materialnya.

Hatimah (2013). Menyatakan bahwa dalam penelitiannya menyebutkan bahwa berat suatu benda tergantung dari 2 aspek yakni volume benda dan juga berat jenis materialnya.

3.5.1.1 Berat Beton segar

Berat Beton segar adalah berat beton keseluruhan yang akan dipergunakan untuk pengecoran. Teruntuk rumusnya bisa dilihat sebagai berikut:

$$W_{BS} = V \times \rho_{BS} \quad (3.5)$$

dengan:

W_{BS} = Berat beton segar (kg),

V = Volume beton segar (m^3) dan

ρ_{BS} = Berat jenis beton segar (kg/m^3).

3.5.1.2 Berat Tulangan

Pada proses pembesian kali ini adalah berat total dari besi yang akan digunakan untuk pengecoran. Teruntuk rumusnya bisa dilihat sebagai berikut:

$$W_{pb} = L \times \rho_{pb} \quad (3.6)$$

dengan:

W_{pb} = Berat tulangan (kg).

L = Panjang tulangan (m) dan
 ρ_{pb} = Berat jenis tulangan (kg/m).

3.5.1.3 Berat Bekisting

Berat bekisting adalah berat total kayu yang akan digunakan untuk proses pengecoran beton. Teruntuk rumusnya bisa dilihat sebagai berikut:

$$W_{BK} = V \times \rho_{BK} \quad (3.7)$$

dengan:

W_{BK} = Berat bekisting (kg),
 V = Volume bekisting (m^3) dan
 ρ_{BK} = Berat jenis kayu bekisting (kg/m^3).

3.5.1.4 Berat Perancah

Berat perancah adalah berat total perancah yang akan digunakan sebagai struktur utama sementara yang digunakan untuk menyangga manusia atau material dalam proyek konstruksi. Teruntuk rumusnya bisa dilihat sebagai berikut:

$$W_p = n \times w_{ps} \quad (3.8)$$

dengan:

W_p = Berat perancah (kg),
 n = Jumlah perancah (*buah*) dan
 w_{ps} = Berat perancah per set (kg).

3.5.2 Waktu Siklus

Rostiyanti (2008). Menyatakan bahwa siklus kerja dalam pelaksanaan pemindahan material adalah suatu kegiatan yang berulang. Pekerjaan tersebut meliputi pekerjaan :

1. *Loading time*

Loading time atau waktu muat ialah waktu yang diperlukan suatu alat untuk memuat material kedalam suatu alat konstruksi. Waktu muat ini ditentukan oleh jenis material apa yang akan diangkut.

2. *Hauling time*

Hauling time atau waktu pemindahan ialah waktu yang diperlukan untuk melakukan pemindahan atau pergerakan yang berasal dari tempat muat ke tempat pembongkaran.

3. *Dumping time*

Dumping time atau waktu pembongkaran ialah waktu yang diperlukan untuk proses pembongkaran material dari suatu alat ke lokasi pembongkaran. Waktu pembongkaran sedi tergantung dari jenis material yang diangkut.

4. *Return time*

Return time atau waktu kembali adalah waktu yang diperlukan untuk alat kembali dari posisi pembongkaran menuju tempat pemuatan. Dalam waktu kembali ini biasanya lebih singkat, hal dikarenakan alat berat dalam keadaan kosong.

Dengan demikian waktu siklus dapat dirumuskan menjadi:

$$Ct = Lt + Ht + Dt + Rt \quad (3.9)$$

Dengan:

Ct = *Circulation time* (waktu siklus),

Lt = *Loading time* (waktu muat),

Ht = *Hauling time* (waktu pemindahan),

Dt = *Dumping time* (waktu pembongkaran) dan

Rt = *Return time* (waktu kembali).

Dalam mekanisme kerja tower crane ada beberapa istilah yakni meliputi:

1. *Hoisting mechanism* (T_v)

Hoisting mechanism atau mekanisme angkat biasanya digunakan untuk menaikkan atau menurunkan beban. Dalam penentuan waktu tempuh dalam mekanisme angkat ini dapat dirumuskan dengan:

$$T_v = \frac{D_v}{V_v} \quad (3.10)$$

dengan:

- T_v = Waktu tempuh vertikal (menit),
 D_v = Jarak tempuh vertikal (meter) dan
 V_v = Kecepatan hoisting (meter/menit).

2. *Slewing mechanism* (T_r)

Slewing mechanism atau mekanisme putar digunakan untuk memutar jib dan counter jib menuju tempat yang akan dijangkau. Dalam penentuan waktu putar dalam mekanisme putar ini dapat dirumuskan dengan:

$$T_r = \frac{D_r}{V_r} \quad (3.11)$$

dengan:

- T_r = Waktu tempuh rotasi (menit),
 D_r = Jarak tempuh rotasi (radian) dan
 V_r = Kecepatan berotasi (radian/menit).

3. *Trolley traveling mechanism* (T_h)

Trolley traveling mechanism atau mekanisme ini digunakan untuk menggerakkan trolley maju maupun mundur. Dalam penentuan waktu pergerakan *trolley* horizontal ini dapat dirumuskan dengan:

$$T_h = \frac{D_h}{V_h} \quad (3.12)$$

dengan:

- T_h = Waktu tempuh horizontal (menit),
 D_h = Jarak tempuh horizontal (meter) dan
 V_h = Kecepatan geser horizontal (meter/menit).

3.6 Aspek Biaya

3.6.1 Biaya Proyek

Dalam sebuah pekerjaan konstruksi selain penjadwalan yang baik, proses estimasi biaya yang tepat juga sangat penting dalam sebuah proyek. Kedua hal ini

berkaitan erat dan dipengaruhi oleh pelaksanaan, bahan, pemakaian alat dan tenaga kerja.

Ervianto (2002). Menyatakan bahwa biaya konstruksi dibedakan menjadi dua macam yakni biaya langsung dan biaya tidak langsung. Teruntuk penjelasannya bisa dilihat sebagai berikut ini:

1. Biaya langsung

Biaya langsung ialah biaya yang berhubungan langsung dengan konstruksi atau bangunan yang bisa dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan tersebut, biaya langsung terdiri dari:

- a. Biaya bahan bangunan.
- b. Upah pekerja.
- c. Biaya peralatan.

2. Biaya tidak langsung

Biaya tidak langsung ialah biaya yang secara tidak langsung berhubungan dengan konstruksi, tapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut, biaya tidak langsung terdiri dari:

- a. Biaya *overhead*.
- b. Biaya tak terduga.
- c. Keuntungan.

3.6.2 Biaya Peralatan

Ridha (2012). Menyatakan bahwa biaya peralatan meliputi biaya sewa alat, biaya pemasangan, biaya pembongkaran dan biaya mobilisasi – demobilisasi. selain itu juga, masih ada beberapa biaya penunjang pengoperasian alat yaitu:

1. Pembelian bahan bakar

$$\text{Kebutuhan bahan bakar} = \text{FOM} \times \text{FW} \times \text{PB} \times \text{DK} \quad (3.13)$$

dengan:

FOM = Faktor operasi mesin (waktu siklus mesin),

FW = Faktor waktu dan

PB = Kondisi dasar pemakaian per DK (standar mesin).

- Bensin = 0,06 gal/DKRG = 0,3 liter/DK/jam.
- Solar = 0,04 gal/DKRG = 0,2 liter/Dk/jam .

2. Pembelian pelumas

Jenis mesin peralatan yang akan dipakai mempengaruhi banyaknya penggunaan pelumas yang digunakan. Kebutuhan minyak pelumas per satuan waktu akan berbanding lurus dengan kekuatannya. Teruntuk rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{DK \times f}{19,5} + \frac{C}{t} \quad (3.14)$$

dengan:

Q = Jumlah penggunaan galon per jam,

DK = Daya kuda standar mesin,

C = Kapasitas mesin,

t = Durasi penggunaan pelumas dan

f = Faktor pengoperasian.

3. Biaya operator

Biaya operator meliputi upah dan biaya tambahan seperti asuransi jika ada.

Teruntuk biaya operator per jam bisa digunakan rumus pendekatan.

4. Biaya Sewa *Tower Crane*

Biaya sewa *tower crane* yakni biaya yang dikeluarkan untuk membayar uang sewa selama pengoperasian *tower crane*.

5. Biaya Sewa *Generator-set*

Biaya sewa *generator-set* yakni biaya yang dikeluarkan untuk membayar uang sewa selama pengoperasian *generator-set*.

6. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi

Biaya *mobilisasi* dan *demobilisasi* yakni biaya yang dikeluarkan pada saat mendatangkan peralatan *tower crane* & *genset* ke tempat tujuan dan mengembalikan ke tempat asal peralatan.

7. Biaya *Erection dan Dismantle*

Biaya *Erection* (pemasangan) dan *Dismantle* (pembongkaran) yakni biaya yang dikeluarkan pada saat melakukan pemasangan dan pembongkaran *tower crane*.



BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Metode penelitian yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah menggunakan metode pengamatan (observasi) secara langsung di lapangan dan wawancara. Proses pengamatan dilakukan pada pekerjaan pada bagian struktural saja, yakni pada pekerjaan kolom, balok, pelat, tangga & *shearwall*. Metode penelitian kali ini dilakukan untuk mengumpulkan data – data yang akan digunakan. Dimana data tersebut nantinya akan diolah untuk mencari nilai produktivitas dan biaya operasional *tower crane* di lapangan dan *tower crane* alternatif. Proses observasi sendiri akan dilakukan selama 21 hari pada jam kerja normal yakni dari pukul 08.00 – 17.00 WIB.

4.2 Subjek dan Objek Penelitian

Subjek dari penelitian kali ini adalah alat berat tower crane eksisting pada proyek *Teaching Industry Learning Center*, Universitas Gadjah Mada. Teruntuk objek penelitian ini adalah mengetahui nilai produktivitas dan biaya operasional yang digunakan pada tower crane eksisting dan alternatif.

4.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini digunakan untuk memudahkan dalam mencapai tujuan dari penelitian ini, oleh karena itu diperlukan tahapan yang sistematis. Tahapan dan langkah – langkah penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

4.3.1 Perumusan Masalah Dan Identifikasi

Hal yang paling mendasar dari sebuah penelitian adalah perumusan masalah. Rumusan masalah menjadi penentu kearah mana pembahasan penelitian tersebut. Semua pertanyaan yang disebutkan dalam sebuah penelitian dan kemudian nantinya akan dijawab secara sistematis. Termasuk juga pembahasan yang mengenai teori dan metodologi tertuang mangacu pada rumusan masalah ini.

4.3.2 Studi Literatur

Studi literatur merupakan penelitian yang dilakukan oleh peneliti yakni dengan mengumpulkan berbagai sumber seperti buku, majalah dan lain – lain yang

berhubungan dengan masalah dan tujuan penelitian tersebut. Cara ini bertujuan mengumpulkan berbagai macam teori yang relevan dengan permasalahan yang sedang diteliti.

4.3.3 Pengumpulan Data

Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai produktifitas dan biaya operasional tower crane.

Dalam perhitungan produktifitas ada 2 aspek, kedua aspek tersebut yakni kapasitas alat dan waktu siklus. Dimana kapasitas adalah berat material yang diangkut tower crane, sedangkan untuk waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan tower crane untuk menyelesaikan pekerjaan dalam satu kali angkatan.

Sedangkan untuk biaya operasional adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk penggunaan tower crane dalam waktu tertentu. Dimana komponen biaya operasional tersebut adalah biaya operasional (biaya bahan bakar & pelumas), biaya sewa, biaya operator, biaya mobilisasi demobilisasi, dan biaya erection dismantle. Data tersebut dapat diperoleh dari wawancara dengan pihak proyek dan penyedia jasa sewa tower crane.

Sehingga untuk dapat menghitung besaran produktivitas dan biaya operasional yang dipakai, dibutuhkan pengumpulan proses pengumpulan data. Pengumpulan data yang dilakukan pada Proyek TILC UGM adalah selama 21 hari. Dilakukan pada jam kerja normal yakni jam 08.00 – 17.00 WIB. Data diperlukan tersebut adalah data yang tertuang dalam data primer dan sekunder berikut:

1. Data Primer

Data primer adalah data yang didapat secara langsung dari sumber tempat penelitian berada. Pengumpulan data primer ini dapat dilakukan dengan cara observasi maupun wawancara langsung ke lokasi proyek. Data – data penting yang diperlukan tersebut meliputi:

- Berat Jenis material

Untuk memperolehnya yakni dengan cara menimbang material yang diangkut menggunakan timbangan. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 7.

- Material yang diangkut

Untuk memperolehnya yakni dengan cara menghitung jumlah material yang diangkut oleh *Tower Crane*. Material yang diangkut adalah pada pekerjaan struktur saja meliputi: Beton segar, Tulangan, Perancah & Bekisting. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 1.

- Waktu siklus

Untuk memperolehnya yakni dengan cara mengamati dan mencatat menggunakan stopwatch. Data siklus, yakni meliputi waktu pemasangan, waktu *hoisting*, waktu *trolley*, waktu *slewing*, waktu *landing*, waktu pembongkaran dan waktu kembali. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 3.

- Jarak, sudut & Elevasi

Untuk memperolehnya yakni dengan cara melakukan *plotting* Titik Mula, Titik Tujuan & Titik Akhir pada denah bangunan. Sesuaikan juga dengan elevasi yang ditinjau. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran 15.

- Wawancara

Untuk memperolehnya yakni dengan mewancarai narasumber dari pihak proyek. Wawancara kali ini dilakukan pada proyek TILC dan penyedia jasa penyewaan *tower crane* (Kokar WIKA). Dalam proses wawancara ini yakni meliputi : spesifikasi *tower crane eksisting*, spesifikasi *tower crane alternatif*, *spesifikasi genset*, *spesifikasi concrete bucket*. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 9 dan lampiran 13.

2. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi yang berkaitan dengan apa yang akan disurvei. Data sekunder ini nantinya akan menjadi data pendukung data primer yang berkaitan dengan bahasan pokok penelitian. Data – data sekunder ini meliputi:

- Data spesifikasi detail *tower crane eksisting*. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 10.
- Data spesifikasi detail *tower crane alternatif*. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 10.

- Harga solar industri. Teruntuk hasilnya dapat dilihat pada lampiran 14.

4.3.4 Perhitungan Dan Pengolahan Data

Analisa data yang akan dilakukan pada penelitian kali ini adalah untuk menghitung:

1. Perhitungan Produktifitas.

Dalam perhitungan produktifitas ini akan dilakukan pada tower crane existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan tower crane pengganti (Potaindo MC 310 K12). Dalam perhitungan produktivitas ada dua aspek penting yakni aspek volume pekerjaan dan waktu siklus.

Untuk perhitungan waktu siklus tower crane existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) akan dilakukan pengamatan langsung di lapangan. Sementara waktu siklus tower crane pengganti (Potaindo MC 310 K12) berasal dari perhitungan teoritis.

Sementara dalam perhitungan volume pekerjaan, kedua tower crane memiliki volume pekerjaan yang sama.

2. Perhitungan Biaya.

Dalam perhitungan biaya operasional peralatan meliputi:

- Biaya sewa peralatan (*Tower crane & genset*).
- Biaya operasional alat (*Tower crane & genset*).
- Biaya operator (*Tower crane & genset*).
- Biaya mobilisasi dan demobilisasi (*Tower crane & genset*).
- Biaya erection & dismantle.

4.3.5 Pembahasan

Setelah dilakukannya perhitungan dan pengolahan data maka tahap selanjutnya adalah pembahasan. Dalam pembahasan ini meliputi:

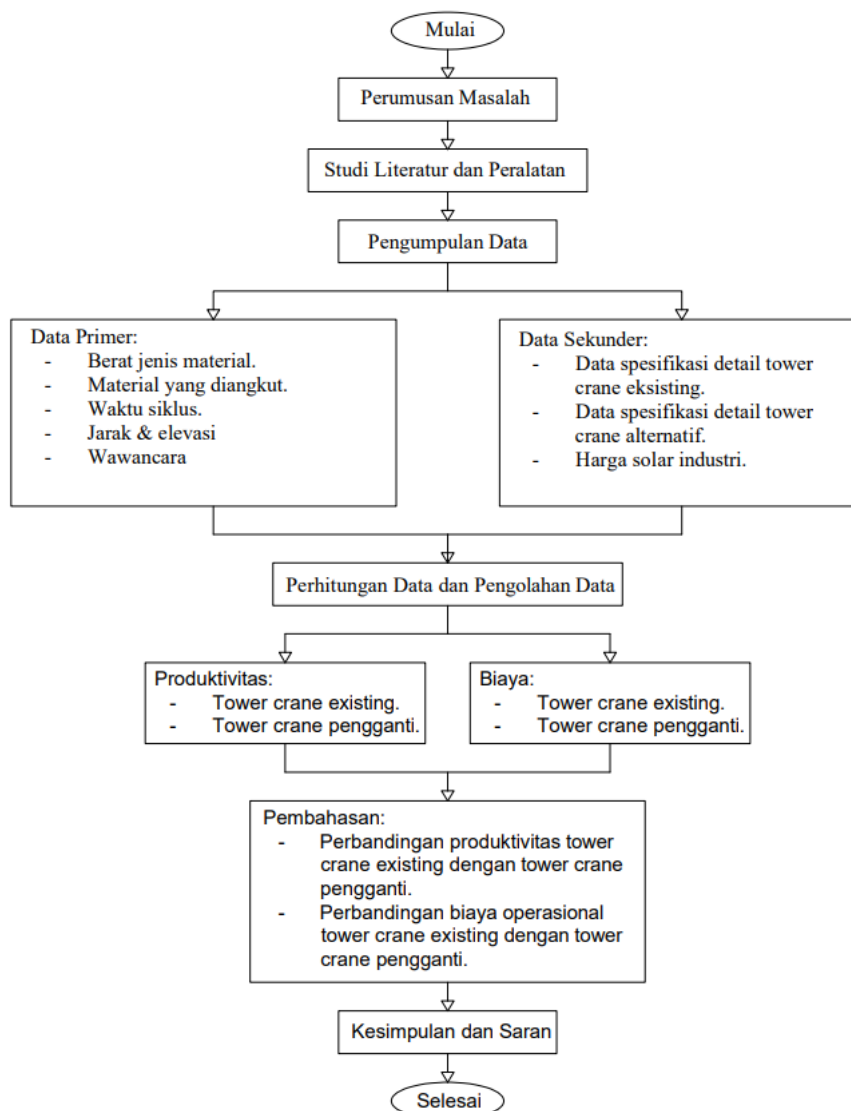
1. Perbandingan produktivitas antara tower crane existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan tower crane alternatif (Potaindo MC 310 K12).
2. Perbandingan biaya operasional antara tower crane existing (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dan tower crane alternatif (Potaindo MC 310 K12).

4.3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan adalah rangkaian akhir dasebuah bab yang telah disusun dalam sebuah karya tulis, dimana sang penulis memberikan kesimpulan dari semua poin pembahasan.

Sementara saran adalah anjuran atau masukan dari penulis untuk para pembaca. Hal ini bertujuan untuk memberikan kemudahan untuk penelian berikutnya.

Berikut adalah bagan alir dari tahapan penelitian kali ini:



Gambar 4. 1 Bagan Alir Penelitian

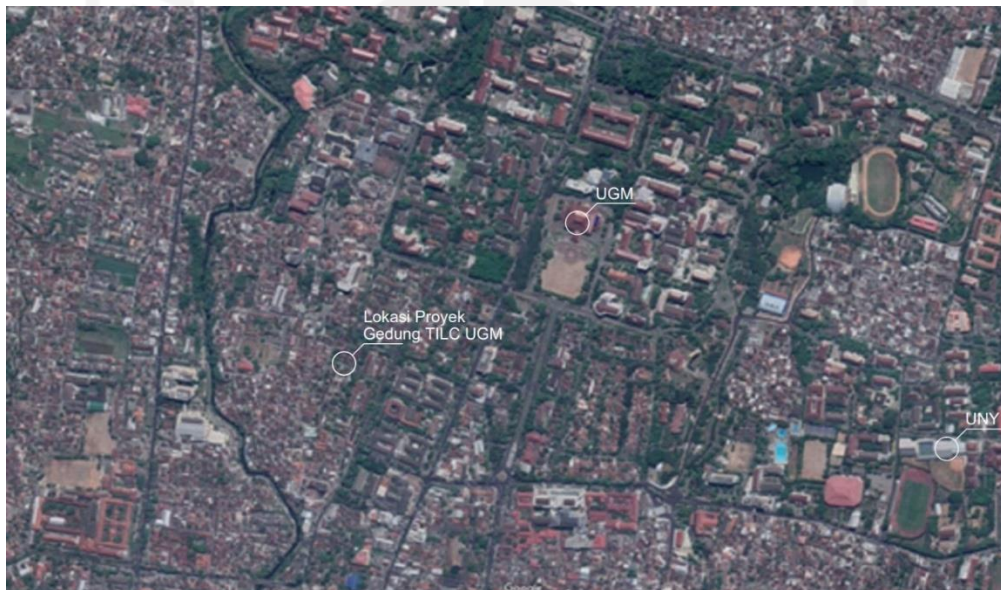
BAB V PEMBAHASAN

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.

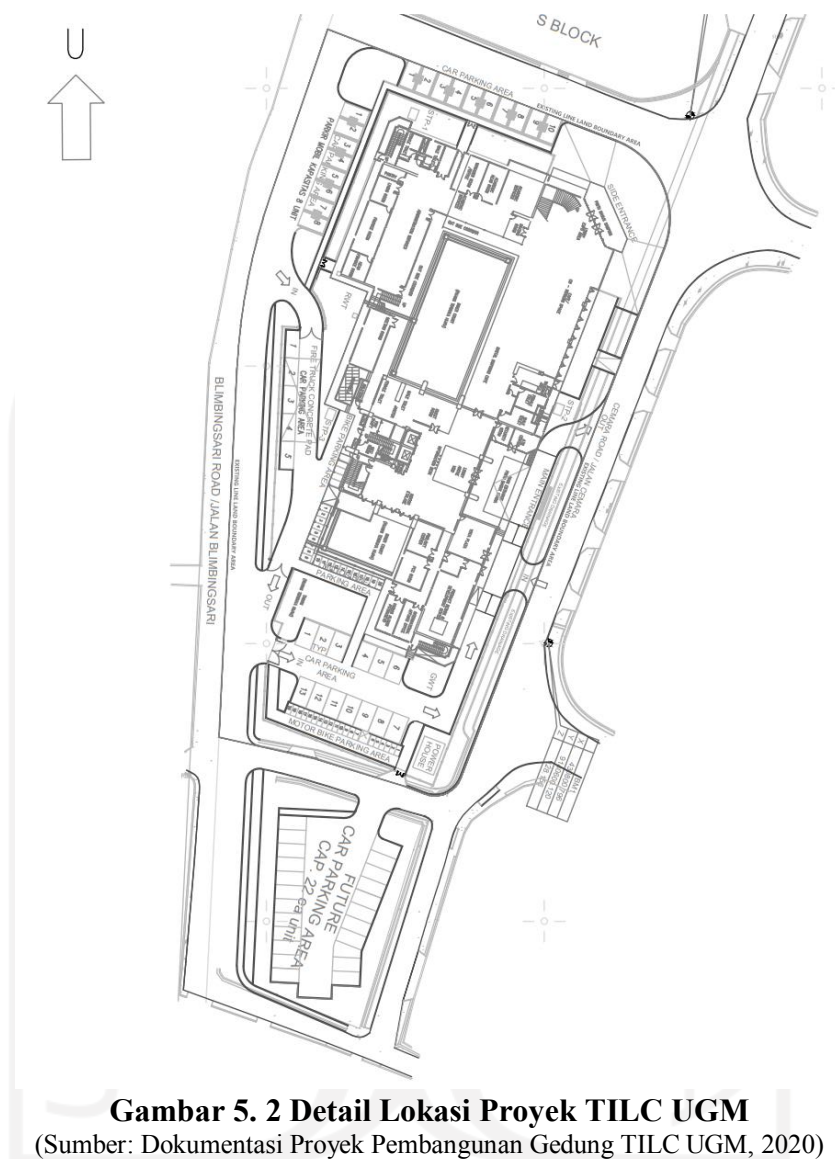
5.1.1 Lokasi Proyek

Penelitian kali ini dilakukan di proyek pembangunan Gedung *Teaching Industri Learning Center* (TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Berikut ini adalah peta lokasi proyek ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Lokasi Proyek TILC UGM

(Sumber: Dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung TILC UGM, 2020)



Berdasarkan Gambar 5.1, bahwa proyek berbatasan dengan beberapa area sebagai berikut:

1. Selatan : Jl. Aleandra I & Hotel Talenta.
2. Barat : Jl. Blimbingsari & pemukiman warga.
3. Utara : Jl. Aleandra I & pemukiman warga.
4. Timur : Jl. Cemara.

5.1.2 Data Awal Proyek

Data Proyek Pembangunan Gedung *Teaching Industri Learning Center* (TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta adalah sebagai berikut:

1. Proyek : Pembangunan Gedung *Teaching Industri Learning Center* (TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
2. Alamat : Jl Yacaranda, Belimbingsari, Caturtunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta.
3. Pemilik : Kampus Universitas Gadjah Mada.
4. Konsultan MK : Oriental Consultants Global Co., Ltd. Azusa Sekkei Co., Ltd. PT. Cakra Manggilingan Jaya PT. Bita Enarcon Engineering PT. Oriental Consultants Indonesia.
5. Waktu Pelaksanaan : 390 Hari Kalender (12 Nov 2019 - 5 Des 2020).
6. Jumlah Lantai : 9 Lantai (elevasi +33,9 meter).
7. No. Kontrak : 06.001/XI/PPK-PIU/UGM/2019.
8. Tanggal kontrak : 6 NOVEMBER 2019.

5.1.3 Data Alat Berat

Dalam Proyek Pembangunan Gedung TILC UGM digunakan *tower crane* Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Nama Alat : *Tower crane*.
2. Merk : Zoomlion.
3. Type/model : QTZ 200 TC 6520-10E.
4. Buatan : China.
5. Tahun pembuatan : 2013.
6. Kapasitas : 2 ton (radius 65 m).
7. Kapasitas mesin : 95,625 KVA.
8. Harga sewa alat : Rp. 70.000.000/bulan.

Sebagai pembandingnya digunakan *tower crane* dari merk Potaindo MC 310 K12 yang memiliki data sebagai berikut:

1. Nama Alat : *Tower crane*.
2. Merk : Potaindo.
3. Type/model : MC 310 K12.
4. Buatan : China.
5. Tahun pembuatan : 2019.
6. Kapasitas : 3,2 ton (radius 70m).
7. Kapasitas mesin : 100 KVA.
8. Harga sewa alat : Rp. 100.000.000/bulan.

5.1.4 Pemilihan jenis & kapasitas *tower crane* alternatif

5.1.4.1 Penentuan jenis *tower crane* alternatif

Menurut Rostiyanti (2014), pada proses pemilihan jenis *tower crane* harus mempertimbangkan beberapa aspek, aspek aspek tersebut adalah situasi proyek, bentuk bangunan, kemudahan dalam perakitan dan pembongkaran serta ketinggian bangunan.

1. Situasi proyek

Penentuan jenis *tower crane* harus mempertimbangkan situasi proyek dan sekitarnya. Apakah pada proyek tersebut ada penghalang seperti bangunan lain yang mengganggu pergerakan *tower crane* di lapangan. Situasi proyek TILC sendiri dikelilingi oleh pemukiman warga, sehingga tidak berpengaruh pada pergerakan dari *tower crane*.

2. Bentuk bangunan

Dalam penentuan jenis *tower crane* harus mempertimbangkan bentuk bangunan yang akan dibangun. Jika bangunan tidak terlalu luas dan dapat dijangkau keseluruhan maka jenis *tower crane* yang dipilih cukup tipe static *tower crane*, namun jika tidak bisa dijangkau oleh *tower crane* maka bisa digunakan *tower crane* yang mempunyai roda penggerak (*traveling tower crane*). Dalam proyek TILC sendiri, memiliki bentuk bangunan yang tidak terlalu luas sehingga cukup digunakan jenis static *tower crane* saja.

3. Kemudahan dalam perakitan dan pembongkaran

Dalam proyek TILC memiliki site layout yang cukup luas, sehingga memungkinkan untuk proses pemasangan dan pembongkaran. Teruntuk gambarnya dapat dilihat pada lampiran 16.

4. Ketinggian bangunan

Jika bangunan memiliki banyak lantai, maka jenis tower crane yang cocok digunakan adalah jenis climbing tower crane. Namun pada proyek TILC hanya memiliki 9 lantai (44 meter), sehingga cukup digunakan tower crane jenis free standing.

Sehingga dalam aspek pemilihan jenis tower crane tersebut, jenis tower crane yang dapat digunakan dalam proyek TILC UGM adalah jenis static free standing tower crane.

5.1.4.2 Penentuan kapasitas *tower crane* alternatif

Menurut Rostiyanti (2014), pada proses pemilihan jenis tower crane harus mempertimbangkan beberapa aspek, seperti:

1. Berat, dimensi, dan daya jangkauan pada beban terberat.

Pengangkatan terberat adalah pada proses pengangkatan tulangan shearwall W7 (4) satu set dengan total beban sebesar 4203,99 kg pada jarak 6,46 m. Sementara tc alternatif yang dipilih memiliki kapasitas sebesar 3200 kg pada jarak 70 meter. Dan memiliki kapasitas sebesar 12.000 kg pada jarak kurang dari 21,4 m, sehingga tower crane tersebut mampu untuk mengangkat material maksimum yang diperlukan.

2. Ketinggian maksimum bangunan.

Proyek gedung TILC sendiri memiliki tinggi maksimum sebesar 44 m. Sedangkan tc alternatif yang dipilih memiliki tinggi 60 m. Teruntuk gambarnya dapat dilihat pada lampiran 16.

3. Perakitan alat di proyek.

Dalam proyek TILC memiliki site layout yang cukup luas, sehingga memungkinkan untuk proses pemasangan dan pembongkaran. Teruntuk gambarnya dapat dilihat pada lampiran 16.

4. Ruang yang tersedia untuk alat.

Situasi proyek TILC sendiri dikelilingi oleh pemukiman warga, sehingga tidak berpengaruh pada pergerakan dari tower crane.

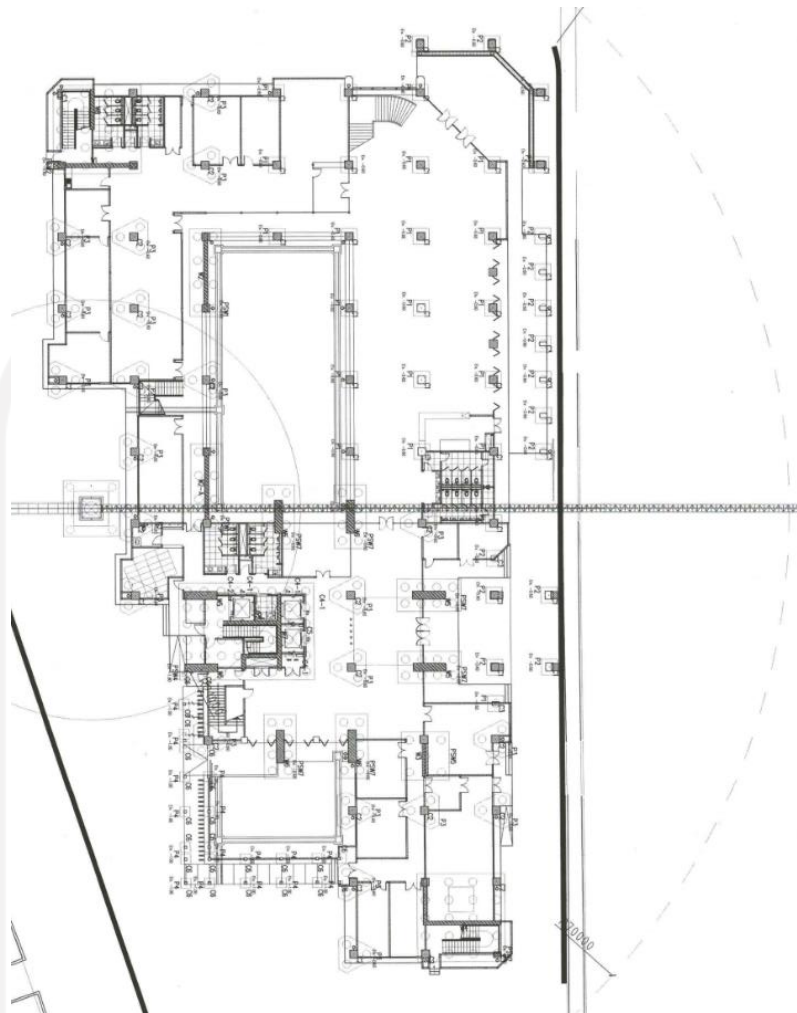
5. Luas area yang harus dijangkau alat.

Radius area bangunan terjauh yang harus dijangkau adalah sejauh 61,8151 m. sedangkan tower crane alternatif memiliki manjang jib 70 m. sehingga tower crane tersebut dapat menjangkau area yang diperlukan.

Jika melihat pada persyaratan aspek tersebut, tower crane alternatif yang dipilih (potaindo MC 310 K12) bisa digunakan pada proyek TILC UGM.

5.1.5 Tower crane

Pada proyek pembangunan gedung TILC UGM dilapangan digunakan *tower crane* dengan merk Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E. *Tower crane* ini adalah *tower crane* dengan tipe *free standing crane* dimana *tower crane* jenis ini dapat disesuaikan dengan kebutuhannya. Untuk posisi perletakan *tower crane* dilapangan dapat dilihat pada gambar 5.3.



Gambar 5. 3 Letak Tower Crane Terhadap Bangunan
(Sumber : Dokumentasi Proyek Pembangunan Gedung TILC UGM)

Tower crane dilapangan digunakan untuk mengangkut berbagai jenis macam material, namun pada penelitian kali ini hanya dilakukan pada pekerjaan struktural saja. Beberapa material seperti perancah, beton segar, bekisting dan besi tulangan. Data – data material yang diangkut diperoleh dengan cara mencatat material apa saja yang diangkut tiap siklusnya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran 1.

5.1.6 Data Jarak Perpindahan Material

Pengumpulan data jarak perpindahan material di lapangan diperoleh dengan cara menandai titik pengangkatan awal, titik tujuan dan titik kembali atau titik pengangkatan selanjutnya. Dari data ini dilakukan pemodelan menggunakan

program *autocad*. Dari pemodelan tersebut nantinya bisa untuk mendapatkan nilai jarak, sudut dan elevasi. Teruntuk lebih jelasnya data jarak perpindahan material dapat dilihat pada lampiran 2.

5.1.7 Data Waktu Siklus

Pengumpulan data waktu siklus di lapangan yakni dengan cara mengamati menggunakan stopwatch pada proses muat, angkat, slewing, trolley, landing, bongkar dan kembali ke titik semula atau ke titik selanjutnya. Untuk lebih jelasnya data waktu siklus *tower crane* eksisting Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E di lapangan dapat dilihat pada Lampiran 3.

5.2 Perbandingan Spesifikasi Tower Crane

Tower crane yang dipakai di lapangan adalah tipe Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E dengan panjang lengan / *jib* sebesar 65 meter. Sedangkan, sebagai alternatif digunakan *tower crane* tipe Potaindo MC 310 K12 dengan panjang lengan 70 meter. Adapun spesifikasi kedua *tower crane* tersebut ditunjukkan pada Tabel 5.1. Detail spesifikasi *tower crane* dapat dilihat pada Lampiran 8.

Tabel 5. 1 Spesifikasi Tower crane

No	Item	Satuan	Tipe Tower crane	
			QTZ 200 TC 6520-10E	MC 310 K12
1	Kapasitas mesin	KVA	95,625	100
2	Beban maksimum	Ton	2	3,2
3	Kecepatan angkat (<i>hoist</i>)	m/detik	1,667	1,333
4	Kecepatan putar (<i>slewing</i>)	derajat/detik	3,6	4,2
5	Kecepatan geser (<i>trolley</i>)	m/detik	0,917	1,667
6	Panjang lengan	m	65	70
7	Harga sewa	Rp/bulan	70.000.000	100.000.000

(Sumber: Dokumen Spek Zoomlion, Potaindo, Dokumentasi Proyek TILC UGM & Kokar WIKA)

Berdasarkan pada Tabel 5.1, terlihat perbandingan spesifikasi *tower crane* Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E di lapangan dengan *tower crane* Potaindo MC 310 K12 alternatif. Keduanya memiliki perbedaan dalam hal besarnya kapasitas mesin penggerak, kecepatan pengangkatan (*hoist*), kecepatan memutar (*slewing*) dan kecepatan menggeser (*trolley*). *Tower crane* alternatif yang dipilih kali ini

mempunyai kapasitas mesin yang relatif lebih besar yang mana nantinya akan berpengaruh pada jumlah bahan bakar yang diperlukan dan nantinya akan mempengaruhi biaya operasional *tower crane* tersebut. Dari perbandingan spesifikasi yang dilihat pada tabel tersebut *tc* pengganti juga memiliki biaya sewa yang lebih besar perbulannya jika dibandingkan dengan *tower crane* eksisting.

5.3 Produktivitas *Tower Crane*

Dalam penelitian kali ini akan dilakukan perhitungan produktivitas pada *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) di lapangan dan *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12).

5.3.1 Produktivitas *Tower Crane Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)*

Dalam perhitungan produktivitas *Tower crane* terdapat dua variabel data, yakni data volume material dan data total waktu siklus *tower crane*. Dari kedua data tersebut akan dianalisis untuk mengetahui nilai produktivitas *tower crane*.

5.3.1.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan banyaknya berat material yang diangkut oleh *tower crane* dari titik awal ke titik tujuan. Dilapangan terdapat beberapa macam material yang diangkat, material – material tersebut adalah: Perancah, beton segar, bekisting dan besi tulangan. Volume pekerjaan ini adalah penjumlahan berat material yang diangkut tiap siklusnya. Berikut ini adalah contoh perhitungan volume pekerjaan pada hari sabtu 7 november 2020.

Pengangkatan ke-1:

Pekerjaan = Pemasangan bekisting kolom C2.

Material = Papan kayu bekisting, besi penyangga (vertikal) dan besi penyangga (horizontal).

Perhitungan :

a. Perhitungan Berat Papan

Struktur = Kolom C2 ($0,8 \times 0,8 \times 3,4$)

Dengan menggunakan ukuran papan bekisting:

- Tinggi = 3,4 m.
- Lebar = 0,8 m.
- Tebal = 0,018 m.

Pada pengangkatan bekisting kolom C2 kali ini terdapat 2 buah papan bekisting, sehingga perhitungan berat papan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume papan bekisting (sisi 1)} &= \text{Lebar Kolom} \times \text{Tinggi Kolom} \times \text{Tebal Papan} \\ &= (0,8 \times 3,4 \times 0,018) \\ &= 0,04896 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume papan bekisting (sisi 2)} &= \text{Lebar kolom} \times \text{Tinggi Kolom} \times \text{Tebal papan} \\ &= (0,8 \times 3,4 \times 0,018) \\ &= 0,04896 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

$$\text{Diketahui berat jenis kayu} = 1000 \text{ kg/m}^3 \text{ (Ahadi, 2011).}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat papan bekisting (sisi 1)} &= 0,0896 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 48,96 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat papan bekisting (sisi 2)} &= 0,0896 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \\ &= 48,96 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total} &= \text{Berat papan bekisting (sisi 1)} + \text{Berat papan bekisting (sisi 2)} \\ &= 48,96 \text{ kg} + 48,96 \text{ kg} \\ &= 97,92 \text{ kg.} \end{aligned}$$

b. Perhitungan Berat Besi Penyangga (vertikal)

Pada bekisting kolom C2 ini membutuhkan penguat yang berupa besi *hollow*, dengan ukuran sebagai berikut :

- Lebar = 0,05 m
- Tinggi = 0,1 m
- Tebal = 0,002 m
- Panjang = 3,9 m.
- Berat jenis besi = 7850 kg/m³ (M. Sang Gumilar, 2017).

$$\begin{aligned} \text{Volume besi } \textit{hollow} \text{ (per meter)} &= 2 \times (\text{Lebar} + \text{Tinggi}) \times \text{Tebal} \times \text{Panjang} \\ &= 2 \times (0,05 + 0,1) \times 0,002 \times 1 \\ &= 0,0006 \text{ m}^3. \end{aligned}$$

Diketahui berat jenis besi adalah 7850 kg/m.

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 besi } hollow \text{ (per meter)} &= \text{Volume besi } hollow \times \text{berat jenis besi} \times \\
 &\quad \text{panjang (1 meter)} \\
 &= 0,0006 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \\
 &= 4,71 \text{ kg (per meter)}.
 \end{aligned}$$

Besi penyangga yang digunakan yakni dengan panjang 3,9 m, sehingga berat satu buah besi *hollow* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat 1 besi } hollow \text{ (3,9 m)} &= \text{Berat 1 besi } hollow \text{ (per meter)} \times \text{panjang (3,9 m)} \\
 &= 4,71 \text{ kg} \times 3,9 \text{ m} \\
 &= 18,369 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

Pada sisi 1 terdapat 4 buah besi *hollow* dan sisi 2 terdapat 4 buah besi *hollow*, sehingga;

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi penyangga sisi 1} &= \text{Berat 1 besi } hollow \times \text{jumlah} \\
 &= 18,369 \text{ kg} \times 4 \text{ buah} \\
 &= 73,476 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi penyangga sisi 2} &= \text{Berat 1 besi } hollow \times \text{jumlah} \\
 &= 18,369 \text{ kg} \times 4 \text{ buah} \\
 &= 73,476 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total besi penyangga (biru)} &= \text{Berat besi penyangga sisi 1} + \text{Berat besi} \\
 &\quad \text{penyangga sisi 2} \\
 &= 73,476 \text{ kg} + 73,476 \text{ kg} \\
 &= 146,952 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

c. Perhitungan Berat Besi Penyangga (horizontal)

Pada bekisting kolom ini membutuhkan penguat yang berupa besi profil *double C*, dengan ukuran sebagai berikut :

- Lebar = 0,05 m.
- Tinggi = 0,1 m.
- Tebal = 0,005 m.
- Berat jenis besi = 7850 kg/m³ (M. Sang Gumilar, 2017).

Berikut ini adalah perhitungan berat besi profil *double C* (per meter).

$$\begin{aligned}
 \text{Volume besi } double C &= 2 \times ((\text{Lebar} + \text{Tinggi} + \text{Lebar}) \times \text{Tebal}) \times \text{Panjang} \\
 &\quad (\text{sisi 1}) \\
 &= 2 \times ((0,05 + 0,1 + 0,05) \times 0,005) \times 1 \\
 &= 0,002 \text{ m}^3.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi } double C \text{ (per meter)} &= \text{Volume besi } double C \times \text{berat jenis besi} \\
 &= 0,002 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 15,7 \text{ kg/m}.
 \end{aligned}$$

Panjang besi *double C* yang digunakan adalah sepanjang masing – masing lebar kolom. Dimana lebar kolom sisi 1 adalah 0,8 m dan lebar kolom sisi 2 adalah 0,8 m. Sehingga untuk menghitung berat besi *double C* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat besi } double C &= (\text{Panjang sisi 1} + \text{Panjang sisi 2}) \times \text{Berat besi } double \\
 &\quad C \text{ (per meter)} \\
 &= (0,8 \text{ m} + 0,8 \text{ m}) \times 15,7 \text{ kg/m} \\
 &= 25,12 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

Jumlah besi *double C* (oranye) yang digunakan pada bekisting kolom C2 adalah sebanyak 4 buah, sehingga perhitungan berat total besi *double C* adalah:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat total besi } double C &= \text{Berat besi } double C \times \text{Jumlah besi} \\
 &= 25,12 \text{ kg} \times 4 \text{ buah} \\
 &= 100,48 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

Setelah diperoleh nilai berat papan, berat besi support (vertikal) dan berat besi *support* (horizontal), sehingga bisa digunakan untuk memperoleh berat total bekisting (1 set) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Berat bekisting (1 set)} &= \text{Berat Papan} + \text{Berat besi } support \text{ (vertikal)} + \\
 &\quad \text{Berat besi } support \text{ (horizontal)} \\
 &= 97,92 \text{ kg} + 146,952 \text{ kg} + 100,48 \text{ kg} \\
 &= 345,352 \text{ kg}.
 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-1 kali ini adalah sebesar 345,352 kg.

Pengangkatan ke-2

Pekerjaan = Pemasangan bekisting kolom C2.

Material = Papan kayu bekisting, besi penyangga (vertikal) dan besi penyangga (horizontal).

Dalam pengangkatan kali ini, beban yang diangkut sama seperti beban pada pengangkatan ke-1, sehingga beban total pada pengangkatan ke-2 kali ini adalah sebesar 345,352 kg.

Pengangkatan ke-3:

Pekerjaan = Pengangkatan besi *hollow* (47 buah).

Material = Besi *hollow*.

Berat besi *hollow* (1 buah) = 4,8 kg.

Dalam pengangkatan kali ini adalah pengangkatan besi *hollow* sebanyak 47 buah, sehingga perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Berat total besi } \textit{hollow} &= \text{Berat besi } \textit{hollow} \text{ (1 buah)} \times \text{Jumlah besi } \textit{hollow} \\ &= 4,8 \text{ kg} \times 47 \text{ buah} \\ &= 225,6 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-5 kali ini adalah sebesar 225,6 kg.

Pengangkatan ke-4 & ke-5

Pekerjaan = Pemasangan bekisting kolom C2.

Material = Papan kayu bekisting, besi penyangga (vertikal) dan besi penyangga (horizontal).

Dalam pengangkatan ke-4 & ke-5 kali ini, beban yang diangkut sama seperti beban pada pengangkatan ke-1, sehingga beban total pada pengangkatan ke-4 & ke-5 kali ini masing – masing adalah sebesar 345,352 kg.

Pengangkatan ke-6:

Pekerjaan = Pengangkatan suri - suri (32 buah).

Material = Besi.

Berat suri - suri (1 buah) = 10,8 kg.

Dalam pengangkatan kali ini adalah pengangkatan suri - suri sebanyak 32 buah, sehingga perhitungannya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Berat total suri - suri} &= \text{Berat besi (1 buah)} \times \text{Jumlah suri – suri} \\ &= 10,8 \text{ kg} \times 32 \text{ buah} \end{aligned}$$

$$= 345,6 \text{ kg.}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-8 kali ini adalah sebesar 345,6 kg.

Pengangkatan ke-7 sampai ke-12:

Pekerjaan = Pengangkatan beton segar.

Material = Beton segar.

Berat jenis beton segar = 2400 kg/m^3 (Dipohusodo, 1994).

Kapasitas *concrete bucket* = $0,8 \text{ m}^3$.

Dalam pengangkatan kali ini adalah pengangkatan beton segar menggunakan *concrete bucket* dengan kapasitas sebesar $0,8 \text{ m}^3$, sehingga perhitungan beratnya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Berat beton segar} &= \text{Berat jenis beton segar} \times \text{Volume } \textit{concrete bucket} \\ &= 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,8 \text{ m}^3 \\ &= 1920 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-7 sampai pengangkatan ke-12 masing – masing adalah sebesar 1920 kg.

Pengangkatan ke-13:

Pekerjaan = Pengangkatan beton segar.

Material = beton segar.

Berat jenis beton segar = 2400 kg/m^3 (Dipohusodo, 1994).

Kapasitas *concrete bucket* = $0,8 \text{ m}^3$.

Dalam pengangkatan kali ini adalah pengangkatan beton segar menggunakan *concrete bucket* dengan volume setengah dari kapasitas *concrete bucket*, sehingga perhitungan beratnya adalah :

$$\begin{aligned} \text{Berat beton segar} &= 0,5 \times \text{Berat jenis beton segar} \times \text{Volume } \textit{concrete bucket} \\ &= 0,5 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 0,8 \text{ m}^3 \\ &= 960 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-13 adalah sebesar 960 kg.

Pengangkatan ke-14:

Pekerjaan = Tulangan tangga (1 set).

Material = Baja tulangan (D16) & baja tulangan (D10).

Berat tulangan (D16) = 1,58 kg (per meter).

Berat tulangan (D10) = 0,617 kg (per meter).

Dalam pengangkatan kali ini adalah pengangkatan tulangan (D16) dengan panjang 1,883m sebanyak 140 buah & pengangkatan tulangan (D10) dengan panjang 1,883m sebanyak 112 buah sehingga perhitungan beratnya adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat total tulangan (D16)} &= \text{Berat tulangan (D16)} \times \text{Panjang tulangan} \\ &\quad (\text{D16}) \times \text{Jumlah} \\ &= 1,58 \text{ kg/m} \times 1,883 \text{ m} \times 140 \text{ buah} \\ &= 416,45 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total tulangan (D10)} &= \text{Berat jenis tulangan (D10)} \times \text{Panjang tulangan} \\ &\quad (\text{D10}) \times \text{Jumlah} \\ &= 0,617 \text{ kg/m} \times 1,883 \text{ m} \times 112 \text{ buah} \\ &= 130,10 \text{ kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat total pengangkatan tulangan tangga (1 set)} &= \text{Berat total tulangan} \\ &\quad (\text{D16}) + \text{Berat total} \\ &\quad \text{tulangan (D10)} \\ &= 416,45 \text{ kg} + 130,10 \text{ kg} \\ &= 546,55 \text{ kg.} \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-14 kali ini adalah sebesar 546,55 kg.

Pengangkatan ke-15:

Pekerjaan = Pengangkatan bekisting balok & besi *hollow*.

Material = *Multiplex* & besi *hollow*.

Berat jenis *multiplex* = 1000 kg/m³ (Ahadi, 2011).

Berat besi *hollow* = 4,8 kg.

Dalam pengangkatan kali ini adalah pengangkatan bekisting balok dengan ukuran 0,6 m × 2 m × 0,018 m sebanyak 5 buah & pengangkatan besi *hollow* sebanyak 15 buah sehingga perhitungan beratnya adalah:

$$\text{Berat total bekisting balok} = \text{Berat jenis } \textit{multiplex} \times \text{Volume } \textit{multiplex} \times \text{Jumlah}$$

$$= 1000 \text{ kg/m}^3 \times (0,6 \times 2 \times 0,018) \text{m}^3 \times 5 \text{ buah}$$

$$= 108 \text{ kg.}$$

$$\text{Berat total besi } hollow = \text{Berat besi } hollow (1 \text{ buah}) \times \text{Jumlah}$$

$$= 4,8 \text{ kg} \times 15 \text{ buah}$$

$$= 72 \text{ kg.}$$

$$\text{Berat total pengangkatan ke-15} = \text{Berat total bekisting balok} + \text{Berat total besi } hollow$$

$$= 108 \text{ kg} + 72 \text{ kg}$$

$$= 180 \text{ kg.}$$

Sehingga diperoleh berat total dalam pengangkatan ke-15 kali ini adalah sebesar 180 kg.

Setelah diketahui volume pekerjaan tiap pengangkatan maka bisa diketahui volume pekerjaan total harian. Total pengangkatan harian dapat dilihat pada Tabel 5.2 Berikut:

Tabel 5. 2 Volume Pekerjaan Harian 7 November 2020

No	Nama Material	Jumlah	Berat Item	Berat (Kg)
1	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
2	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
3	Besi <i>hollow</i>	47	4,80	225,60
4	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
5	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
6	Suri Suri	32	10,80	345,60
7	Beton segar	1	1920	1920
8	Beton segar	1	1920	1920
9	Beton segar	1	1920	1920
10	Beton segar	1	1920	1920
11	Beton segar	1	1920	1920
12	Beton segar	1	1920	1920
13	Beton segar	0,5	1920	960
14	Tulangan tangga D16	1	416,45	416,45
	Tulangan tangga D10	1	130,10	130,10
15	Bekisting balok	5	21,60	108,00
	Besi <i>hollow</i>	15	4,80	72,00
			TOTAL	15159,16

Dengan cara yang sama, perhitungan volume pekerjaan ini dilakukan pada pengangkatan di hari – hari berikutnya. Data rekapitulasi volume pekerjaan selama 21 hari pengamatan yang diperoleh ditunjukkan oleh Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Volume Pekerjaan

No	Hari	Tanggal	Berat (Kg)
1	Sabtu	07 November 2020	15159,160
2	minggu	08 November 2020	8597,022
3	Senin	09 November 2020	21446,917
4	selasa	10 November 2020	7941,532
5	rabu	11 November 2020	44720,694
6	kamis	12 November 2020	22753,355
7	jum'at	13 November 2020	11014,128
8	sabtu	14 November 2020	35101,241
9	minggu	15 November 2020	18734,417
10	senin	16 November 2020	35927,274
11	selasa	17 November 2020	23665,572
12	rabu	18 November 2020	26807,020
13	kamis	19 November 2020	9688,154
14	jum'at	20 November 2020	30524,480
15	sabtu	21 November 2020	6672,969
16	minggu	22 November 2020	9929,592
17	senin	23 November 2020	1181,964
18	selasa	24 November 2020	11291,426
19	rabu	25 November 2020	7436,205
20	kamis	26 November 2020	6751,632
21	jum'at	27 November 2020	3003,108

Dari hasil penelitian yang dilakukan pada *tower crane* Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E dilapangan, dapat diketahui bahwa volume pengangkatan material yang paling besar pada tanggal 11 November 2020 dengan volume pengangkatan sebesar 44.713,88 kg dan volume peng- angkatan terkecil terjadi pada tanggal 23 Oktober 2020 dengan volume peng-angkatan sebesar 1.181,96 kg. Rata-rata volume pengangkatan material dalam 21 hari pengamatan sebesar 17.063,54 kg.

5.3.1.2 Perhitungan *waktu siklus*

Waktu siklus adalah waktu yang diperlukan oleh *tower crane* dalam proses pengangkatan material dari titik awal ke titik tujuan dan kembali atau ke titik

pengangkatan berikutnya. Waktu siklus sendiri terdiri dari waktu muat, angkat (*hoist*), waktu memutar (*slewing*), menggeser (*trolley*), mendarat (*landing*), bongkar dan waktu kembali. Adapun waktu siklus untuk pengangkatan material pada hari sabtu 7 November 2020 pada *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) di lapangan dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.



Tabel 5. 4 Waktu Siklus TC eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) Sabtu, 7 November 2020.

No	Nama Material	Muat (detik)	Angkat				Bongkar (detik)	Kembali				Total (detik)
			Angkat (detik)	Slewing (detik)	Trolley (detik)	Landing (detik)		Angkat (detik)	Slewing (detik)	Trolley (detik)	Landing (detik)	
1	Bekisting kolom C2	641,17	18,09	18,57	19,5	19,13	107,14	9,13	11,1	21,82	8,21	873,86
2	Bekisting kolom C2	202,45	24,43	17,48	21,32	21,09	69,28	5,7	6,07	35,86	28,76	432,44
3	Besi <i>hollow</i>	141,58	30,44	59,18	42,15	28,41	182,85	26,76	0	58,21	3,58	573,16
4	Bekisting kolom C2	99,82	12,08	8,92	10,02	14,23	407,85	4,88	10,91	7,1	6,21	582,02
5	Bekisting kolom C2	129,77	7,78	12,57	11,59	15,01	420,36	5,72	10,55	10,12	3,82	627,29
6	Suri Suri	115,3	5,67	17,18	18,01	42,25	116,86	0	2,15	0	0	317,42
7	Beton segar	189,87	37,21	56,58	12,18	15,73	57,14	6,91	29,14	13,21	35,94	453,91
8	Beton segar	96,75	40,36	29,12	10,28	13,77	43,14	3,14	24,47	5,82	25,26	292,11
9	Beton segar	88,59	32,97	39,47	11,15	25,45	44,04	4,06	26,29	7,15	27,96	307,13
10	Beton segar	86,42	34,71	32,18	12,58	21	63,29	5,08	33,97	6,82	33	329,05
11	Beton segar	90,61	35,91	34,31	10,75	19,65	52,37	7,96	28,93	8,19	44,25	332,93
12	Beton segar	99,5	34,78	33,21	11,29	28,21	56,99	7,63	24,51	10,25	39,66	346,03
13	Beton segar	75,56	34,22	30,71	9,81	17,1	30,71	3,34	27,52	9,15	36,43	274,55
14	Tulangan tangga D16 & Tulangan tangga D10	69,71	35,04	58,34	41,31	5,57	5,57	6,76	5,28	0	7,81	235,39
15	Bekisting balok & Besi <i>hollow</i>	49,99	18,52	16,26	21,15	9,25	9,25	13,27	4,49	15,21	18,59	175,98
											TOTAL (detik)	6153,27

Berdasarkan perhitungan tersebut jumlah total waktu siklus pada hari sabtu 7 november adalah 6153,27 detik. Perhitungan ini juga dilakukan pada perhitungan waktu siklus di hari – hari berikutnya. Teruntuk jumlah waktu siklus *tower crane* selama 21 hari dapat dilihat pada tabel 5.5 berikut.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Waktu Siklus Pengangkatan Material (21 hari)

No	Hari	Tanggal	Total (detik)	Total (jam)
1	Sabtu	07 November 2020	6153,27	1,709
2	minggu	08 November 2020	9489,7483	2,636
3	Senin	09 November 2020	9916,7	2,755
4	selasa	10 November 2020	5391,02	1,498
5	rabu	11 November 2020	13445,5	3,735
6	kamis	12 November 2020	12260,97	3,406
7	jum'at	13 November 2020	9839,06	2,733
8	sabtu	14 November 2020	6510,15	1,808
9	minggu	15 November 2020	10388,35	2,886
10	senin	16 November 2020	14426,8181	4,007
11	selasa	17 November 2020	16778,27	4,661
12	rabu	18 November 2020	18863,1	5,240
13	kamis	19 November 2020	7613,96	2,115
14	jum'at	20 November 2020	11245,31	3,124
15	sabtu	21 November 2020	4009,01	1,114
16	minggu	22 November 2020	6455,97	1,793
17	senin	23 November 2020	1368,75	0,380
18	selasa	24 November 2020	8865,1	2,463
19	rabu	25 November 2020	8422,7	2,340
20	kamis	26 November 2020	5209,66	1,447
21	jum'at	27 November 2020	4977,28	1,383
TOTAL			191630,696	53,231

Setelah diketahui jumlah total waktu siklus per hari nya. Sehingga bisa diperoleh jumlah total waktu siklus dalam 21 hari. Jumlah waktu siklus total tersebut adalah sebesar 191630,696 detik atau 53,231 jam.

5.3.1.3 Perhitungan Produktivitas *Tower Crane* Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)

Setelah diperoleh data volume pekerjaan dan waktu siklus maka selanjutnya dapat dipergunakan untuk menghitung produktivitas *tower crane*. Adapun contoh

perhitungan waktu produktivitas *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) pada hari sabtu, 7 November 2020 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Volume harian} &= 15159,16 \text{ kg} \\ \text{Total waktu siklus} &= 1,71 \text{ jam.} \\ \text{Produktivitas harian} &= \text{berat material} / \text{waktu siklus} \\ &= 15159,16 \text{ kg} / 1,71 \text{ jam} \\ &= 8868,94 \text{ kg/jam.} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas tower crane Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E di lapangan selama 21 hari dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Produktivitas Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E

No	Hari	Tanggal	Total waktu (jam)	Beban (Kg)	Produktifitas (Kg/jam)
1	Sabtu	07 November 2020	1,71	15159,160	8868,939
2	minggu	08 November 2020	2,64	8597,022	3261,338
3	Senin	09 November 2020	2,75	21446,917	7785,745
4	selasa	10 November 2020	1,50	7941,532	5303,174
5	rabu	11 November 2020	3,73	44720,694	11973,857
6	kamis	12 November 2020	3,41	22753,355	6680,718
7	jum'at	13 November 2020	2,73	11014,128	4029,944
8	sabtu	14 November 2020	1,81	35101,241	19410,377
9	minggu	15 November 2020	2,89	18734,417	6492,263
10	senin	16 November 2020	4,01	35927,274	8965,122
11	selasa	17 November 2020	4,66	23665,572	5077,762
12	rabu	18 November 2020	5,24	26807,020	5116,088
13	kamis	19 November 2020	2,11	9688,154	4580,711
14	jum'at	20 November 2020	3,12	30524,480	9771,908
15	sabtu	21 November 2020	1,11	6672,969	5992,175
16	minggu	22 November 2020	1,79	9929,592	5536,973
17	senin	23 November 2020	0,38	1181,964	3108,727
18	selasa	24 November 2020	2,46	11291,426	4585,299
19	rabu	25 November 2020	2,34	7436,205	3178,356
20	kamis	26 November 2020	1,45	6751,632	4665,540
21	jum'at	27 November 2020	1,38	3003,108	2172,108
			TOTAL (kg/jam)		136557,124

Hasil dari perhitungan analisis produktivitas tower crane Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E di lapangan adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas rata-rata} &= \frac{\text{Total Produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \\ &= \frac{136557,124}{21} \\ &= 6502,72 \text{ kg/jam.} \end{aligned}$$

Dalam produktivitas tower crane Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E dilapangan didapat nilai produktivitas rata – rata sebesar 6502,72 kg/jam.

5.3.2 Produktivitas *Tower Crane* Alternatif (Potaindo MC 310 K12)

5.3.2.1 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan yang dipakai dalam perhitungan kali ini sama dengan volume pekerjaan yang digunakan pada *tower crane* eksisting. Material tersebut adalah: Perancah, beton segar, bekisting dan besi tulangan. Teruntuk data rekapitulasi perhitungan bisa dilihat pada tabel 5.4.

5.3.2.2 Perhitungan Waktu Siklus Pemindahan

Jika waktu siklus pada *tower crane* eksisting diperoleh dari pengamatan secara langsung dilapangan, sedangkan waktu siklus *tower crane* pengganti diperoleh secara teoritis menggunakan rumus 3.7, rumus 3.8 dan rumus 3.9. berikut ini adalah contoh perhitungan waktu siklus *tower crane* alternatif pada hari sabtu 7 november 2020.

Pengangkatan ke-1:

Waktu muat = 641,17 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 = 3 m.

Kecepatan *hoist* = 1,333 m/dtk.

Waktu *hoist* = jarak tempuh / kecepatan *hoist*
= 3 m / 1,333 m/dtk

$$= 2,25 \text{ dtk.}$$

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.

$$\text{Sudut pengangkutan} = 14^{\circ} 0' 17'' = 14,0047^{\circ}$$

$$\text{Kecepatan slewing} = 4,2^{\circ}/\text{dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu slewing} &= \text{sudut} / \text{kecepatan slewing} \\ &= 14,0047^{\circ} / 4,2^{\circ}/\text{dtk} \\ &= 3,33 \text{ detik.} \end{aligned}$$

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.

$$\text{Jarak tempuh} = 19429,68 \text{ m.}$$

$$\text{Kecepatan trolley} = 1,667 \text{ m/dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu trolley} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan trolley} \\ &= 19429,68 \text{ m} / 1,667 \text{ m/dtk} \\ &= 11,657 \text{ detik.} \end{aligned}$$

Waktu landing

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

$$\text{Jarak tempuh vertikal} = 4,2 + 3 = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan turun} = 1,3333 \text{ m/dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tempuh} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan hoist} \\ &= 7,2 \text{ m} / 1,3333 \text{ m/dtk} \\ &= 5,4 \text{ dtk.} \end{aligned}$$

$$\text{Waktu bongkar muatan} = 107,14 \text{ detik.}$$

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.

$$\text{Jarak tempuh vertikal} = 4,2 + 3 = 7,2 \text{ m}$$

$$\text{Kecepatan turun} = 1,3333 \text{ m/dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu tempuh} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan hoist} \\ &= 7,2 \text{ m} / 1,3333 \text{ m/dtk} \\ &= 5,4 \text{ dtk.} \end{aligned}$$

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.

$$\text{Sudut pengangkutan} = 14^{\circ} 0' 17'' = 14,0047^{\circ}$$

$$\text{Kecepatan slewing} = 4,2^{\circ}/\text{dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu slewing} &= \text{sudut} / \text{kecepatan slewing} \\ &= 14,0047^{\circ} / 4,2^{\circ}/\text{dtk} \\ &= 3,33 \text{ detik.} \end{aligned}$$

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.

$$\text{Jarak tempuh} = 19429,68 \text{ m.}$$

$$\text{Kecepatan trolley} = 1,6667 \text{ m/dtk.}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu trolley} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan trolley} \\ &= 19429,68 \text{ m} / 1,6667 \text{ m/dtk} \\ &= 11,668 \text{ detik.} \end{aligned}$$

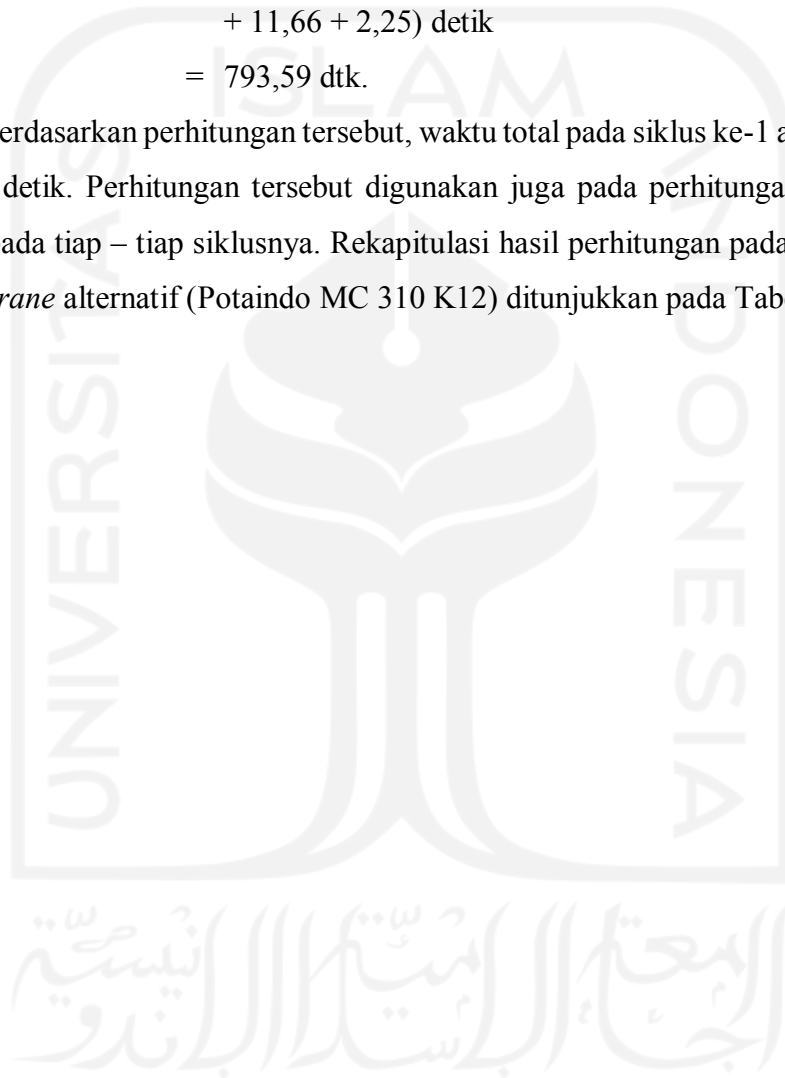
Waktu landing

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

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

$$\begin{aligned}
 \text{Kecepatan turun} &= 1,3333 \text{ m/dtk.} \\
 \text{Waktu tempuh} &= \text{jarak tempuh} / \text{kecepatan } hoist \\
 &= 3 \text{ m} / 1,3333 \text{ m/dtk} \\
 &= 2,25 \text{ dtk.} \\
 \text{Total waktu siklus} &= (641,17 + 2,25 + 3,33 + 11,66 + 5,4 + 107,14 + 5,4 + 3,33 \\
 &\quad + 11,66 + 2,25) \text{ detik} \\
 &= 793,59 \text{ dtk.}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, waktu total pada siklus ke-1 adalah sebesar 793,59 detik. Perhitungan tersebut digunakan juga pada perhitungan total waktu siklus pada tiap – tiap siklusnya. Rekapitulasi hasil perhitungan pada waktu siklus *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) ditunjukkan pada Tabel 5.7 berikut.



Tabel 5. 7 Waktu Siklus Tower Crane Alternatif (Potaindo MC 310 K12) hari Sabtu 7 November 2020

No	Nama Material	Muat (detik)	Angkat				Bongkar (detik)	Kembali				Total (detik)
			Angkat (detik)	Slewing (detik)	Trolley (detik)	Landing (detik)		Angkat (detik)	Slewing (detik)	Trolley (detik)	Landing (detik)	
1	Bekisting kolom C2	641,17	2,25	3,33446	11,6578	5,4	107,14	5,4	3,33446	11,6578	2,25	793,595
2	Bekisting kolom C2	202,45	2,25	3,33446	11,6578	5,4	69,28	2,25	4,26356	9,61408	18,225	328,725
3	Besi hollow	141,58	2,25	33,9669	15,5833	2,25	182,85	18,225	10,281	27,2346	2,25	436,471
4	Bekisting kolom C2	99,82	2,25	3,97467	14,0337	2,25	407,85	2,25	3,97467	14,0337	2,25	552,687
5	Bekisting kolom C2	129,77	2,25	3,97467	14,0337	2,25	420,36	2,25	5,47798	9,16971	2,25	591,786
6	Suri Suri	115,3	2,25	11,4186	10,2689	18,225	116,86	2,25	0	16,7021	2,25	295,525
7	Beton segar	189,87	18,225	13,8658	15,5382	2,25	57,14	2,25	13,8658	15,5382	18,225	346,768
8	Beton segar	96,75	18,225	13,8658	15,5382	2,25	43,14	2,25	13,8658	15,5382	18,225	239,648
9	Beton segar	88,59	18,225	13,8658	15,5382	2,25	44,04	2,25	13,8658	15,5382	18,225	232,388
10	Beton segar	86,42	18,225	13,8658	15,5382	2,25	63,29	2,25	13,8658	15,5382	18,225	249,468
11	Beton segar	90,61	18,225	13,8658	15,5382	2,25	52,37	2,25	13,8658	15,5382	18,225	242,738
12	Beton segar	99,5	18,225	13,8658	15,5382	2,25	56,99	2,25	13,8658	15,5382	18,225	256,248
13	Beton segar	75,56	18,225	13,8658	15,5382	2,25	30,71	2,25	13,8658	15,5382	18,225	206,028
14	Tulangan tangga D16 & Tulangan tangga D10	69,71	21,375	31,266	14,7552	2,25	5,57	2,25	0,16806	0,3737	2,25	149,968
15	Bekisting balok & Besi hollow	49,99	5,4	2,27229	7,94739	2,25	9,25	2,25	2,27229	7,94739	5,4	94,9794
TOTAL (detik)											5017,02	

Rekapitulasi waktu siklus *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) untuk 21 hari ditampilkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Rekapitulasi Waktu Siklus *Tower Crane* Alternatif (Potaindo MC 310 K12)

No	Hari	Tanggal	Total (detik)	Total (jam)
1	sabtu	07 November 2020	5017,02	1,39
2	minggu	08 November 2020	8297,61	2,30
3	senin	09 November 2020	8284,06	2,30
4	selasa	10 November 2020	4213,83	1,17
5	rabu	11 November 2020	11049,16	3,07
6	kamis	12 November 2020	10356,77	2,88
7	jum'at	13 November 2020	8435,42	2,34
8	sabtu	14 November 2020	4697,36	1,30
9	minggu	15 November 2020	9036,63	2,51
10	senin	16 November 2020	12218,87	3,39
11	selasa	17 November 2020	15103,55	4,20
12	rabu	18 November 2020	16292,57	4,53
13	kamis	19 November 2020	6666,58	1,85
14	jum'at	20 November 2020	8836,23	2,45
15	sabtu	21 November 2020	3149,88	0,87
16	minggu	22 November 2020	4815,92	1,34
17	senin	23 November 2020	1070,14	0,30
18	selasa	24 November 2020	7782,00	2,16
19	rabu	25 November 2020	7570,48	2,10
20	kamis	26 November 2020	4940,48	1,37
21	jum'at	27 November 2020	4646,91	1,29
TOTAL			162481,48	45,13

Setelah diketahui jumlah total waktu siklus per hari nya. Sehingga bisa diperoleh jumlah total waktu siklus dalam 21 hari. Jumlah waktu siklus total tersebut adalah sebesar 162481,48 detik atau 45,13 jam.

5.3.2.3 Perhitungan Produktivitas *Tower Crane* Alternatif (Potaindo MC 310 K12)

Berikut adalah perhitungan waktu produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) pada hari sabtu, 7 November 2020 dengan perhitungan sebagai berikut:

Volume harian = 15159,16 kg.

Total waktu siklus = 1,39 jam.

Produktivitas *tower crane* harian = $Output/Input$
 = Volume pekerjaan/waktu siklus
 = 15159,16 kg / 1,39 jam.
 = 10877,567 kg/jam.

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) ditunjukkan pada Tabel 5.9 berikut.

Tabel 5. 9 Rekapitulasi Produktivitas Tower Crane Alternatif (Potaindo MC 310 K12)

No	Hari	Tanggal	Total waktu (jam)	Beban (Kg)	Produktifitas (Kg/jam)
1	Sabtu	07 November 2020	1,39	15159,16	10877,567
2	minggu	08 November 2020	2,30	8597,02	3729,901
3	Senin	09 November 2020	2,30	21446,92	9320,171
4	selasa	10 November 2020	1,17	7941,53	6784,690
5	rabu	11 November 2020	3,07	44720,69	14570,750
6	kamis	12 November 2020	2,88	22753,35	7909,038
7	jum'at	13 November 2020	2,34	11014,13	4700,518
8	sabtu	14 November 2020	1,30	35101,24	26901,155
9	minggu	15 November 2020	2,51	18734,42	7463,392
10	senin	16 November 2020	3,39	35927,27	10585,119
11	selasa	17 November 2020	4,20	23665,57	5640,797
12	rabu	18 November 2020	4,53	26805,32	5923,270
13	kamis	19 November 2020	1,85	9688,15	5231,674
14	jum'at	20 November 2020	2,45	30524,48	12436,081
15	sabtu	21 November 2020	0,87	6672,97	7626,548
16	minggu	22 November 2020	1,34	9929,59	7422,576
17	senin	23 November 2020	0,30	1181,96	3976,197
18	selasa	24 November 2020	2,16	11291,43	5223,481
19	rabu	25 November 2020	2,10	7436,205	3536,146
20	kamis	26 November 2020	1,37	6751,63	4919,736
21	jum'at	27 November 2020	1,29	3003,11	2326,531
TOTAL					167105,339

Hasil dari perhitungan analisis produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas rata-rata} &= \frac{\text{Total Produktivitas}}{N \text{ (hari)}} \\
 &= \frac{167105,339}{21} \\
 &= 7957,397 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Dalam perhitungan produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) didapat nilai produktivitas rata – rata sebesar 7957,397 kg/jam.

5.3.3 Perbandingan Produktivitas *Tower Crane* Eksisting dengan *Tower Crane* Alternatif

Produktivitas adalah beban yang dapat diselesaikan dalam satuan waktu tertentu. Dalam hal ini beban yang dimaksud adalah berat material yang diangkut sedangkan waktu yang dimaksud adalah waktu siklus yang diperukan *tower crane* dalam memindahkan material. Berdasarkan hasil perhitungan produktivitas *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) di lapangan sebesar 6052,72 kg/jam sedangkan produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) sebesar 7957,397 kg/jam. Selisih produktivitas dari kedua *tower crane* tersebut adalah sebesar 1454,677 kg/jam. Perbandingan produktivitas *tower crane* tersebut ditunjukkan oleh Tabel 5.10.

Tabel 5. 10 Perbandingan Produktivitas *Tower crane*

Produktivitas (kg/jam)		Selisih Produktivitas (kg/jam)	Persentase Selisih (%)
QTZ 200 TC 6520-10E	MC 310 K12		
6502,72	7957,397	1454,677	18,281

Berdasarkan perhitungan tersebut produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) memiliki produktifitas lebih besar dibanding dengan *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E). Selisih produktivitas antara kedua *tower crane* tersebut adalah sebesar 1454,677 kg/jam atau sebesar 18,281 %.

5.4 *Biaya Operasional Tower crane*

Rostiyanti, (2008). Biaya operasional adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk penggunaan alat dalam kurun waktu tertentu. Biaya operasional alat berat

meliputi: biaya bahan bakar, pelumas, perawatan dan perbaikan, operator, mobilisasi dan demobilisasi.

5.4.1 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 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 diperoleh dari pencarian online pada beberapa situs *marketplace* dan situs resmi perusahaan. Data harga-harga tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5. 11 Data Biaya Operasional

No	Item	Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E	Potaindo MC 310 K12
1	Biaya mobilisasi dan demobilisasi TC	Rp 135.000.000 (Rp. 7,5 jt x 9 Truk)	Rp 105.000.000 (Rp. 7,5 jt x 7 truk)
2	Sewa <i>tower crane</i> (perbulan)	Rp 70.000.000	Rp 100.000.000
3	Biaya mobilisasi dan demob Genset (x2)	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
4	Sewa genset	Rp 23.000.000	Rp 23.000.000
5	Biaya erection (pemasangan) dan dismantle Pembongkaran)	Rp 40.000.000	Rp 30.000.000
6	Biaya operator <i>tower crane</i> (2 operator)	Rp 16.000.000	Rp 15.000.000
	Biaya operator genset (1 orang)	Rp 4.500.000	Rp 4.500.000
7	Biaya minyak pelumas	Rp 40.000	Rp 40.000
	Biaya bahan bakar solar	Rp 9.448,43	Rp 9.448,43

5.4.1.1 Biaya Operasional TC Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)

1. Perhitungan Biaya Sewa

a. Harga Sewa *Tower crane*

Dengan asumsi:

1 hari = 8 jam (tanpa lembur)

1 bulan = 30 hari, maka dalam 1 bulan

= $30 \times 8 = 240$ jam

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa tower crane} &= \frac{70.000.000 / \text{bulan}}{240 \text{ jam}} \\ &= \text{Rp } 291.667,00 / \text{jam}. \end{aligned}$$

b. Harga Sewa Genset

Dengan asumsi:

$$\begin{aligned} 1 \text{ hari} &= 8 \text{ jam (tanpa lembur)} \\ 1 \text{ bulan} &= 30 \text{ hari, maka dalam 1 bulan} \\ &= 30 \times 8 = 240 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga sewa genset} &= \frac{23.000.000 / \text{bulan}}{240 \text{ jam}} \\ &= \text{Rp } 95.833,00 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Total Biaya Sewa} &= \text{Harga Sewa Tower crane} + \text{Harga Sewa Genset} \\ &= \text{Rp } 291.667,00 + \text{Rp } 95.833,00 \\ &= \text{Rp } 387.500,00 / \text{jam}. \end{aligned}$$

2. Biaya Operasional Alat.

a. Biaya Bahan Bakar.

$$\text{Bahan Bakar} = \text{FOM} \times \text{FW} \times \text{PB} \times \text{DK}$$

dengan:

FOM = Faktor Operasi Mesin (diasumsikan mesin bekerja secara optimal 80%),

FW = Faktor Efisiensi Waktu (kondisi baik maka FW=0.83),

PB = Kondisi Standart Pemakaian Bahan Bakar per DK (standar mesin),

*Solar = 0.2/liter/jam dan

DK = Daya Mesin 76,5 KW = 95,625 KVA.

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Bahan Bakar} &= 0,8 \times 0,83 \times 0,2 \times 95,625 \\ &= 12,699 \text{ liter/jam}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Bahan Bakar} &= 12,699 \times \text{Rp } 9.448,43 \\ &= \text{Rp } 119.986,00 / \text{jam}. \end{aligned}$$

b. Biaya Pelumas

$$q = \frac{\text{DK} \times \text{FOM} \times 0,003}{0,89} + \frac{C}{t}$$

dengan,

q = Jumlah penggunaan minyak pelumas (liter/jam),

DK = Daya Mesin 76,5 KW = 95,625 KVA,

FOM = Faktor Operasi Mesin,

C = Kapasitas Karter (liter),

= Kapasitas 40 liter dan

t = Jumlah Jam antara Penggantian (jam).

= (Penggantian oli dilakukan tiap 100 jam).

Maka,

$$\begin{aligned} q &= \frac{DK \times FOM \times 0,003}{0,89} + \frac{C}{t} \\ &= \frac{95,625 \times 0,8 \times 0,003}{0,89} + \frac{40}{100} \\ &= 0,658 \text{ liter/jam} \end{aligned}$$

Biaya Pelumas = 0,658 x Rp 40.000,00

= Rp 26.315,00 /jam.

- c. Total Biaya Operasional Alat = Biaya Bahan Bakar + Biaya Pelumas
 = Rp 119.986,00 + Rp 26.315,00
 = Rp 146,300 /jam.

3. Biaya Upah Operator.

a. Upah Operator *Tower crane*

Dengan asumsi:

1 hari = 8 jam (tanpa lembur).

1 bulan = 30 hari, maka dalam 1 bulan.

= 30 x 8 = 240 jam.

Upah Operator TC = $\frac{\text{Rp } 16.000.000,00}{240}$

= Rp 66.667,00 /jam.

b. Upah Operator *Genset*

Dengan asumsi:

1 hari = 8 jam (tanpa lembur).

1 bulan = 30 hari, maka dalam 1 bulan.

$$= 30 \times 8 = 240 \text{ jam.}$$

$$\begin{aligned} \text{Upah Operator Genset} &= \frac{\text{Rp } 4.500.000,00}{240} \\ &= \text{Rp } 18.750,00 / \text{jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Operator} &= \text{Upah operator TC} + \text{Upah operator genset} \\ &= 66.667 + 18.750 \\ &= \text{Rp } 85.417,00 / \text{jam.} \end{aligned}$$

4. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi *Tower crane*

Dengan asumsi:

Hari kerja *Tower crane* = 390 hari.

1 hari = 8 jam (tanpa lembur).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Jam Kerja } \textit{Tower crane} &= 390 \times 8 \\ &= 3120 \text{ jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Mobilisasi \& Demobilisasi} &= \frac{\text{Rp } 135.000.000,00}{3120} \\ &= \text{Rp } 43.269,00 / \text{jam.} \end{aligned}$$

5. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi *Genset*.

Dengan asumsi:

Hari kerja *Tower crane* = 390 hari.

1 hari = 8 jam (tanpa lembur).

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Jam Kerja } \textit{Tower crane} &= 390 \times 8 \\ &= 3120 \text{ jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Mobilisasi \& Demobilisasi} &= \frac{\text{Rp } 10.000.000,00}{3120} \\ &= \text{Rp } 3.205,00 / \text{jam.} \end{aligned}$$

6. Biaya Erection dan Dismantle

Dengan asumsi:

Hari kerja *Tower crane* = 390 hari

1 hari = 8 jam (tanpa lembur)

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Jam Kerja } \textit{Tower crane} &= 390 \times 8 \\ &= 3120 \text{ jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Erection \& dismantle} &= \frac{\text{Rp } 40.000.000,00}{3120} \\ &= \text{Rp } 12.821,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

Maka, biaya penggunaan *tower crane* eksisting per jam yaitu:

- Biaya Sewa Alat	= Rp 387.500,00	/jam.
- Biaya Operasional Alat	= Rp 146.300,00	/jam.
- Biaya Upah Operator	= Rp 85.417,00	/jam.
- Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi TC	= Rp 43.269,00	/jam.
- Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi <i>Genset</i>	= Rp 3.205,00	/jam.
- Biaya <i>Erection</i> dan <i>Dismantle</i>	= Rp 12.821,00	/jam.
- Total	= Rp 678.512,00	/jam.

Sehingga total biaya operasional *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) yaitu sebesar Rp 678.512,00 /jam.

5.4.1.2 Biaya Operasional TC Alternatif (Potaindo MC 310 K12)

1. Perhitungan Biaya Sewa

a. Harga Sewa *Tower crane*

Dengan asumsi:

1 hari = 8 jam (tanpa lembur)

1 bulan = 30 hari, maka dalam 1 bulan

= $30 \times 8 = 240$ jam

$$\text{Harga sewa } \textit{tower crane} = \frac{100.000.000 \text{ / bulan}}{240 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp } 416.667,00 \text{ /jam}$$

b. Harga Sewa *Genset*

Dengan asumsi:

1 hari = 8 jam (tanpa lembur)

1 bulan = 30 hari, maka dalam 1 bulan

= $30 \times 8 = 240$ jam

$$\text{Harga sewa } \textit{genset} = \frac{23.000.000 \text{ / bulan}}{240 \text{ jam}}$$

$$= \text{Rp } 95.833,00 \text{ /jam}$$

c. Total Biaya Sewa = Harga Sewa *Tower crane* + Harga Sewa *Genset*

$$= \text{Rp } 416.667,00 + \text{Rp } 95.833,00$$

$$= \text{Rp } 512.500,00/\text{jam}.$$

2. Biaya Operasional Alat.

a. Biaya Bahan Bakar.

$$\text{Bahan Bakar} = \text{FOM} \times \text{FW} \times \text{PB} \times \text{DK}$$

dengan:

FOM = Faktor Operasi Mesin (diasumsikan mesin bekerja secara optimal 80%),

FW = Faktor Efisiensi Waktu (kondisi baik maka FW 0.83),

PB = Kondisi Standart Pemakaian Bahan Bakar per DK dan
*Solar = 0.2/liter/jam.

DK = Daya Mesin 100 KVA.

Maka,

$$\begin{aligned} \text{Bahan Bakar} &= 0,8 \times 0,83 \times 0,2 \times 100 \\ &= 13,28 \text{ liter/jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Bahan Bakar} &= 13,28 \times \text{Rp } 9.448,43 \\ &= \text{Rp } 125.475,00 /\text{jam.} \end{aligned}$$

b. Biaya Pelumas

$$q = \frac{\text{DK} \times \text{FOM} \times 0,003}{0,89} + \frac{C}{t}$$

dengan,

q = Jumlah penggunaan minyak pelumas (liter/jam),

DK = Daya Mesin 100 KVA,

FOM = Faktor Operasi Mesin,

C = Kapasitas Karter (liter) dan
= Kapasitas 40 liter,

t = Jumlah Jam antara Penggantian (jam).

= (Penggantian oli dilakukan tiap 100 jam).

Maka,

$$q = \frac{\text{DK} \times \text{FOM} \times 0,003}{0,89} + \frac{C}{t}$$

$$= \frac{100 \times 0,8 \times 0,003}{0,89} + \frac{40}{100}$$

$$= 0,670 \text{ liter/jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Pelumas} &= 0,670 \times \text{Rp } 40.000,00 \\ &= \text{Rp } 26.787,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Biaya Operasional Alat} &= \text{Biaya Bahan Bakar} + \text{Biaya Pelumas} \\ &= \text{Rp } 94.106,00 + \text{Rp } 26.787,00 \\ &= \text{Rp } 152.262,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

3. Biaya Upah Operator.

a. Upah Operator *Tower crane*

Dengan asumsi:

$$1 \text{ hari} = 8 \text{ jam (tanpa lembur)}$$

$$1 \text{ bulan} = 30 \text{ hari, maka dalam 1 bulan}$$

$$= 30 \times 8 = 240 \text{ jam}$$

$$\text{Upah Operator TC} = \frac{\text{Rp } 15.000.000,00}{240}$$

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

b. Upah Operator *Genset*

Dengan asumsi:

$$1 \text{ hari} = 8 \text{ jam (tanpa lembur)}$$

$$1 \text{ bulan} = 30 \text{ hari, maka dalam 1 bulan}$$

$$= 30 \times 8 = 240 \text{ jam}$$

$$\text{Upah Operator Genset} = \frac{\text{Rp } 4.500.000,00}{240}$$

$$= \text{Rp } 18.750,00 \text{ /jam.}$$

$$\begin{aligned} \text{c. Total Biaya Operator} &= \text{Upah operator TC} + \text{Upah operator genset} \\ &= 62.500 + 18.750 \\ &= \text{Rp } 81.250,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

4. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi *Tower crane*

Dengan asumsi:

$$\text{Hari kerja Tower crane} = 390 \text{ hari}$$

$$1 \text{ hari} = 8 \text{ jam (tanpa lembur)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Jam Kerja Tower crane} &= 390 \times 8 \\ &= 3120 \text{ jam.} \\ \text{Biaya Mobilisasi \& Demobilisasi} &= \frac{\text{Rp } 105.000.000,00}{3120} \\ &= \text{Rp } 33.654,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

5. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi *Genset*.

Dengan asumsi:

$$\text{Hari kerja Tower crane} = 390 \text{ hari}$$

$$1 \text{ hari} = 8 \text{ jam (tanpa lembur)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Jam Kerja Tower crane} &= 390 \times 8 \\ &= 3120 \text{ jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Mobilisasi \& Demobilisasi} &= \frac{\text{Rp } 10.000.000,00}{3120} \\ &= \text{Rp } 3.205,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

6. Biaya *Erection* dan *Dismantle*

Dengan asumsi:

$$\text{Hari kerja Tower crane} = 390 \text{ hari}$$

$$1 \text{ hari} = 8 \text{ jam (tanpa lembur)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Jam Kerja Tower crane} &= 390 \times 8 \\ &= 3120 \text{ jam.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Erection \& Dismantle} &= \frac{\text{Rp } 30.000.000,00}{3120} \\ &= \text{Rp } 9.615,00 \text{ /jam.} \end{aligned}$$

Maka, biaya penggunaan *tower crane* alternatif per jam yaitu:

- Biaya Sewa Alat	= Rp 512.500,00	/jam.
- Biaya Operasional Alat	= Rp 152.262,00	/jam.
- Biaya Upah Operator	= Rp 81.250,00	/jam.
- Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi TC	= Rp 33.654,00	/jam.
- Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi Genset	= Rp 3.205,00	/jam.
- Biaya Erection dan Dismantle	= Rp 9.615,00	/jam.
- Total	= Rp 792.486,00	/jam.

Sehingga total biaya operasional *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) yaitu sebesar Rp 792.486, 00 /jam.

5.4.2 Perbandingan Biaya *Tower crane*

Berdasarkan hasil perhitungan, total biaya operasional *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) sebesar Rp 678.512, 00 per jam nya, sementara itu biaya *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) sebesar Rp 792.486, 00 per jam. Perbandingan biaya operasional dapat dilihat pada Tabel 5.12.

Tabel 5. 12 Perbandingan Biaya Operasional *Tower crane*

No	Item	TC Eksisting QTZ 200 TC 6520-10E	TC Alternatif MC 310 K12
1	Perhitungan biaya sewa	Rp 387.500	Rp 512.500
2	Biaya operasional alat	Rp 146.300	Rp 152.262
3	Total biaya operator (operator tc + operator genset)	Rp 85.417	Rp 81.250
4	Biaya mobilisasi dan demobilisasi TC	Rp 43.269	Rp 33.654
5	Biaya mobilisasi dan demobilisasi <i>Genset</i>	Rp 3.205	Rp 3.205
6	Biaya <i>erection</i> dan <i>dismantle</i>	Rp 12.821	Rp 9.615
	TOTAL	Rp 678.512	Rp 792.486
	Selisih	Rp 113.974	
	Selisih persentase (%)	14,38 %	

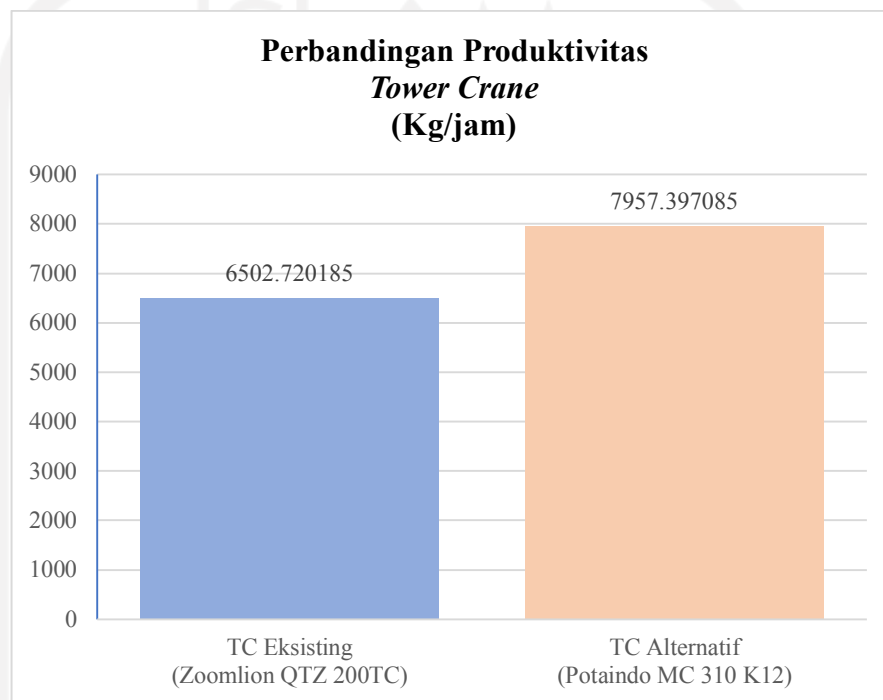
Berdasarkan perhitungan tersebut, biaya operasional *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) lebih besar dibanding dengan biaya operasional *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E). Selisih biaya operasional dari kedua *tower crane* adalah sebesar Rp 113.974 per jam atau sebesar 14,38 %.

5.5 Pembahasan

5.5.1 Produktivitas

Alat berat memiliki peranan penting dalam proyek konstruksi. Alat digunakan untuk mempermudah pekerjaan dan memangkas waktu yang dibutuhkan. Alat berat *tower crane* digunakan untuk memudahkan pengangkutan material, dapat secara vertikal maupun horizontal. Setiap tipe *tower crane* memiliki kapasitas angkatan beban dan palat penggerak yang berbeda. Oleh karena itu diperlukan pertimbangan yang matang dalam penentuan *tower crane*. Pada penelitian kali ini akan dilakukan perbandingan biaya dan produktivitas *tower crane* yang berada di lapangan dengan

tower crane alternatif, sehingga nantinya dapat diketahui mana *tower crane* yang memiliki kinerja lebih efektif & efisien pada proyek TILC UGM. Sehingga dari penelitian kali ini dapat diambil manfaatnya sebagai bahan pertimbangan dan acuan dalam menentukan tipe *tower crane* yang bisa diaplikasikan dalam sebuah proyek di lapangan. Dalam penelitian kali ini hanya dilakukan pengamatan pada pekerjaan struktural saja yakni pada penulangan, pengecoran, bekisting dan perancah.



Gambar 5. 4 Histogram Perbandingan Produktivitas *Tower Crane*

Produktivitas adalah besaran beban yang dapat terselesaikan dalam satuan waktu tertentu. Nilai produktivitas ini nantinya akan menjadi nilai acuan, apakah kinerja alat yg digunakan lebih efektif atautkah tidak. Menurut Kholil (2012), produktivitas terdiri dari dua aspek yakni output (kapasitas) dan input (waktu siklus). Dan dapat dicari dengan rumus 3.3. Teori tersebut digunakan dalam penelitian kali ini, dan menghasilkan nilai produktivitas yang dapat dilihat pada gambar histogram 5.4, terlihat bahwa nilai produktivitas *tower crane* eskisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) di lapangan sebesar 6502,72 kg/jam sedangkan produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) sebesar 7957,397 kg/jam. Sehingga tc alternatif memiliki nilai produktivitas yang lebih besar jika

dibanding tc eksisting. Dengan selisih produktivitas dari kedua *tower crane* tersebut sebesar 1454,677 kg/jam atau sebesar 18,281 %.

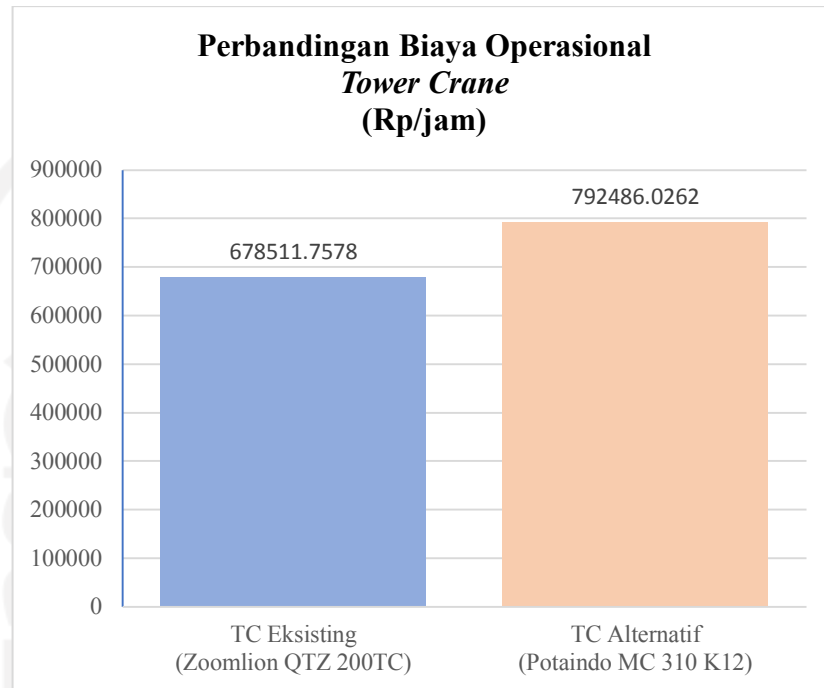
Perbedaan produktivitas ini dipengaruhi oleh perbedaan kapasitas kecepatan mesin pada kecepatan angkat, kecepatan putar dan kecepatan geser dari *tower crane* yang berada di lapangan dan *tower crane* alternatif. Dimana spesifikasi kecepatan penggerak *tower crane* alternatif memiliki kecepatan yang lebih besar dibanding *tower crane* eksisting. Kecepatan mesin ini nantinya akan berpengaruh pada jumlah waktu siklus. Yang mana jika *tower crane* memiliki kecepatan yang lebih besar maka waktu siklus akan lebih cepat. Semakin cepat waktu siklus akan memperbesar nilai produktivitas.

Teruntuk beban muatan pada tiap siklus pada *tower crane* alternatif masih disamakan dengan *tower crane* eksisting, padahal jika dilihat pada kapasitas angkat *tower crane* alternatif memiliki kapasitas yang lebih besar. Sehingga nantinya dapat dilakukan tindakan untuk memaksimalkan beban yang diangkut lebih banyak lagi. Dalam proyek TILC UGM beban yang dapat dimaksimalkan lagi adalah pada jumlah perancah, kapasitas *concrete bucket*, dan jumlah tulangan longitudinal & sengkang pada balok pada tiap - tiap siklusnya. Sehingga nantinya beban yang dapat terselesaikan dalam satuan waktu tertentu dapat lebih banyak, dimana nantinya akan memperbesar nilai produktivitasnya lagi. Maka jika dilihat dari sudut pandang produktivitas, *tower crane* yang memiliki kinerja lebih efektif yang dapat dipergunakan pada proyek TILC UGM adalah *tower crane* alternatif tipe Potain MC 310 K12.

5.5.2 Biaya Operasional

Biaya operasional adalah biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan alat *tower crane* selama pemakaian alat. Besaran nilai biaya operasional ini nantinya akan menjadi nilai acuan, apakah alat yang digunakan lebih efisien atukah tidak. Menurut Ridha (2012), menyatakan bahwa biaya operasional *tower crane* terdiri dari biaya bahan bakar, biaya pelumas, biaya operator, biaya sewa *tower crane* dan *genset*, biaya mobilisasi dan demobilisasi serta biaya *erection dismantle*. Teruntuk mencari banyaknya bahan bakar dan pelumas yang dibutuhkan dapat dicari menggunakan rumus 3.13 dan rumus 3.14. dan teruntuk biaya biaya operator, biaya

sewa *tower crane* dan *genset*, biaya mobilisasi dan demobilisasi serta biaya erection dismantle dapat dicari dengan mengkonversi biaya - biaya yang diperoleh dari pihak kontraktor dan pihak penyedia jasa penyewaan *tower crane*.



Gambar 5. 5 Histogram Perbandingan Biaya Operasional Tower Crane

Berdasarkan hasil perhitungan yang menggunakan teori tersebut untuk hasilnya dapat dilihat pada gambar histogram 5.5, terlihat bahwa biaya operasional *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) sebesar Rp 792.486,00 per jam lebih mahal dibanding biaya operasional *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) sebesar Rp 678.512, 00 per jam. Dari kedua biaya operasional *tower crane* memiliki selisih sebesar Rp 113.974,00 per jam atau sebesar 14,38 %.

Perbedaan tersebut terjadi karena biaya sewa *tower crane* alternatif lebih besar dibanding *tower crane* eksisting. Dan juga dikarenakan *tower crane* alternatif memiliki daya mesin yang lebih besar, sehingga kebutuhan bahan bakar dan pelumas lebih banyak dan menjadikan biayanya lebih mahal. Sementara itu pada aspek biaya operator, biaya mobilisasi & demobilisasi, dan *erection dismatle tower crane* memiliki biaya yang lebih sedikit. Sehingga berdasarkan analisa biaya operasional yang dilakukan pada *tower crane* eksisting dan *tower crane* alternatif,

maka *tower crane* yang lebih efisien yang dapat digunakan pada proyek TILC UGM adalah *tower crane* eksisting Zoomlion QTZ 200 TC.

5.5.3 Pembahasan Keseluruhan

Seperti yang bisa dilihat pada pembahasan mengenai produktivitas dan biaya operasional dari kedua *tower crane*, bahwasanya setiap tipe *tower crane* memiliki kelebihan dan kekurangan. Dimana jika *tower crane* eksisting memiliki karakteristik lebih efisien namun kurang efektif, sementara *tower crane* alternatif memiliki karakteristik lebih efektif namun kurang efisien. Sehingga *tower crane* yang memiliki kapasitas produktivitas yang besar belum tentu bagus digunakan dalam suatu proyek. Dan juga jika *tower crane* memiliki kapasitas produktivitas yang lebih kecil belum tentu memiliki kinerja yang buruk. Namun *tower crane* yang bagus adalah *tower crane* yang disesuaikan dengan situasi kebutuhan beban, durasi dan faktor-faktor lainnya di lapangan. Sehingga nantinya didapat *tower crane* yang optimal.

Berdasarkan kondisi di proyek TILC UGM, proyek tersebut tidak terlalu membutuhkan kapasitas pengangkatan yang relatif besar. Sehingga teruntuk *tower crane* eksisting yang memiliki kapasitas yang lebih kecil masih dapat digunakan. Serta teruntuk biaya yang diperlukan tidak terlalu banyak. Sehingga *tower crane* yang cocok digunakan adalah *tower crane* eksisting zoomlion QTZ 200 TC.

Sementara itu, teruntuk *tower crane* alternatif yang memiliki kapasitas dan produktivitas yang lebih besar, akan lebih cocok jika digunakan pada proyek yang memiliki kebutuhan kapasitas yang lebih berat, dan juga terlebih lagi jika material yang diangkat mayoritas dapat dilakukan pemaksimalan pada tiap pengangkatannya, sehingga nantinya berimbas pada jumlah pengulangan siklus pengangkatan menjadi lebih sedikit. Berkurangnya waktu yang dibutuhkan tersebut akan memperpendek jangka waktu proyek tersebut. Sehingga nantinya akan mempengaruhi atau mengurangi biaya sewa dan biaya operasionalnya. Terlebih lagi jika proyek tersebut memiliki jangka waktu yang relatif panjang, maka bisa jadi biaya operasional *tower crane* alternatif Potaindo MC 310 K12 nantinya akan lebih efisien dibanding *tower crane* eksisting Zoomlion QTZ 200 TC.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Pada penelitian dengan judul “Perbandingan Biaya Dan Produktivitas *Tower Crane* Eksisting Dan *Tower Crane* Alternatif” yang dilakuka pada Proyek Pembangunan Gedung TILC Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada ini memiliki kesimpulan sebagai berikut:

Produktivitas *tower crane* alternatif (Potaindo MC 310 K12) lebih besar dibanding produktivitas *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dilapangan, dengan selisih sebesar 1454,677 kg/jam atau sebesar 18,281 %.

Tower crane alternatif (Potaindo MC 310 K12) memiliki biaya operasional yang lebih mahal dibandingkan dengan *tower crane* eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E) dilapangan, dengan selisih sebesar Rp 113.973, 00 per jam atau sebesar 14,38 %.

Tower crane yang cocok digunakan dengan kebutuhan proyek TILC UGM adalah *tower crane* tipe Zoomlion QTZ 200 TC. Sementara itu *tower crane* alternatif Potaindo MC 310 K12 cocok digunakan pada proyek yang memiliki kebutuhan kapasitas pengangkatan yang lebih besar. Terlebih lagi jika pada proyek tersebut dapat dilakukan pemaksimalan mengangkutan material. Dan juga proyek tersebut membutuhkan jangka waktu yang relatif lebih lama. Sehingga nantinya dalam penggunaan *tower crane* alternatif Potaindo MC 310 K12 akan lebih efektif dan efisien lagi.

6.2 Saran

Penelitian yang dilakukan kali ini hanya membahas tentang produktivitas *tower crane* saja, belum membahas tentang pengaruh terhadap aspek lainnya. Jika hendak mengetahui pengaruh terhadap aspek - aspek lainnya maka dibutuhkan peneletian lanjutan.

Jika hendak melakukan penelitian dengan tema yang sama, untuk kedepannya bisa digunakan jenis atau tipe *tower crane* yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, I.A. 2012. Analisis Produktivitas Dan Biaya Operasional Tower Crane Pada Proyek Puncak Central Business District Surabaya (*Tugas Akhir*). (Tidak diterbitkan). Universitas Negeri Surabaya.
- Danutirto, D.T. 2019. Perbandingan Biaya Dan Produktivitas Tower Crane Antara Tipe Potain Fo/23b Dan Xcmg Fo/23b (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Gedung Museum Muhammadiyah di Yogyakarta) *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. Struktur Beton Bertulang. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Ervianto, 2003, Manajemen Proyek Konstruksi. Yogyakarta.
- Halpin, D.W. dan Woodhead, R.W. 1998. *Construction Management*. Wiley. United State of America.
- 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).
- Kholil, A. 2012. *Alat Berat*. Remaja Rosdakarya. Bandung.
- M. Sang Gumilar. 2017. Analisa Struktur Atas (*Upper Structure*) Jembatan Kaburejo Kota Pagar Alam. Sekolah Tinggi Teknologi Pagar Alam. Sumatera Selatan.
- Peurifoy, R.L., Schexnayder, C.J. dan Shapira, A. 1996. *Construction Planning, Equipment, and Methods*. McGraw-Hill International. New York City.
- Rani, H.A. 2016. *Manajemen Proyek Konstruksi*. Budi Utama. Yogyakarta.
- 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.
- Rochmanhadi, 1984. *Alat – Alat Berat dan Penggunaannya*. YBPPU. Jakarta.
- Rostiyanti, S.F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipata. Jakarta.
- Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek (Dari Konseptual Sampai Operasional)*. Erlangga. Jakarta.
- Sulistiono, D., 1996, Pemindahan Tanah Mekanis, Penerbit Program Studi Diploma III Jurusan Teknik Sipil FTSP ITS. Surabaya.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengangkatan Material

Data Pengangkatan Material Pada 7 November 2020

No. Siklus	Nama Material	Jumlah	Berat Item	Berat (Kg)
1	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
2	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
3	Besi <i>hollow</i>	47	4,80	225,60
4	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
5	Bekisting kolom C2	1	345,35	345,35
6	Suri Suri	32	10,80	345,60
7	Beton segar	1	1920,00	1920,00
8	Beton segar	1	1920,00	1920,00
9	Beton segar	1	1920,00	1920,00
10	Beton segar	1	1920,00	1920,00
11	Beton segar	1	1920,00	1920,00
12	Beton segar	1	1920,00	1920,00
13	Beton segar	0,5	1920,00	960,00
14	Tulangan tangga D16	1	416,45	416,45
	Tulangan tangga D10	1	130,10	130,10
15	Bekisting balok	5	21,60	108,00
	Besi <i>hollow</i>	15	4,80	72,00
TOTAL				15159,16

Data Rekapitulasi Total Pengangkatan Material Selama 21 Hari.

No	Hari	Tanggal	Berat (Kg)
1	Sabtu	07 November 2020	15159,160
2	minggu	08 November 2020	8597,022
3	Senin	09 November 2020	21446,917
4	selasa	10 November 2020	7941,532
5	rabu	11 November 2020	44720,694
6	kamis	12 November 2020	22753,355
7	jum'at	13 November 2020	11014,128
8	sabtu	14 November 2020	35101,241
9	minggu	15 November 2020	18734,417
10	senin	16 November 2020	35927,274
11	selasa	17 November 2020	23665,572
12	rabu	18 November 2020	26807,020
13	kamis	19 November 2020	9688,154
14	jum'at	20 November 2020	30524,480

No	Hari	Tanggal	Berat (Kg)
15	sabtu	21 November 2020	6672,969
16	minggu	22 November 2020	9929,592
17	senin	23 November 2020	1181,964
18	selasa	24 November 2020	11291,426
19	rabu	25 November 2020	7436,205
20	kamis	26 November 2020	6751,632
21	jum'at	27 November 2020	3003,108



Lampiran 2 Data Jarak, Sudut & Elevasi

Data Jarak, Sudut, Elevasi pada 7 November 2020

No. Siklus	Angkat (m)	Slewing (°)	Trolley (m)	landing (m)	Angkat (m)	Slewing (°)	Trolley (m)	landing (m)
1	3,00	14,00	19,43	7,20	7,20	14,00	19,43	3,00
2	3,00	14,00	19,43	7,20	3,00	17,91	16,02	24,30
3	3,00	142,66	25,97	3,00	24,30	43,18	45,39	3,00
4	3,00	16,69	23,39	3,00	3,00	16,69	23,39	3,00
5	3,00	16,69	23,39	3,00	3,00	23,01	15,28	3,00
6	3,00	47,96	17,11	24,30	3,00	0,00	27,84	3,00
7	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
8	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
9	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
10	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
11	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
12	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
13	24,30	58,24	25,90	3,00	3,00	58,24	25,90	24,30
14	28,50	131,32	24,59	3,00	3,00	0,71	0,62	3,00
15	7,20	9,54	13,25	3,00	3,00	9,54	13,25	7,20

Rekapitulasi Data Total Jarak, Sudut, Elevasi Selama 21 Hari.

Hari Ke-	Total Angkat (m)	Total Sleewing (°)	Total Trolley (m)	Total Landing (m)	Total Angkat (m)	Total Sleewing (°)	Total Trolley (m)	Total Landing (m)	Total Angkat (m)	Total Sleewing (°)	Total Trolley (m)	Total landing (m)
1	253,5	800,54	347,86	45	45	532,72	342,52	245,1	-	-	-	-
2	134,4	744,37	148,46	54	54	831,79	327,3	232,45	-	-	-	-
3	399,3	1178,88	226,18	63	63	1031,68	362,3	356,7	-	-	-	-
4	193,2	600,46	223,85	45	45	603,7	148,8	222,9	-	-	-	-
5	539,1	1060,89	272,71	84	84	1036,47	279,3	603	-	-	-	-
6	560,4	1647,01	156,17	72	72	969,5	302,83	374,4	3	56,89	3,97	28,5
7	196,8	886,13	312,22	57	57	714,18	209,83	243,9	-	-	-	-
8	584,4	1282,96	128,99	66	66	1117,63	104,21	558,9	3	68,6	1,24	28,5
9	294,3	890,97	386,86	48	48	765,96	381,66	273	-	-	-	-
10	660,3	1105,63	269,84	87	87	748,57	304,96	647,7	-	-	-	-
11	313,2	1123,02	374,95	93	93	843,6	390,58	415,2	-	-	-	-
12	358,2	1427,03	314,48	87	87	1009,8	277,42	414,3	-	-	-	-
13	220,2	573,72	271,74	42	42	454,87	209,95	216	-	-	-	-
14	537	1047,7	313,92	87	87	889,29	276,77	498,6	6	67,68	7,20	57,00
15	122,7	387,11	130,87	30	30	205,96	114,26	131,7	-	-	-	-
16	303	1353,75	311,87	48	48	672,27	325,59	171	-	-	-	-
17	55,8	208,84	73,83	9	9	173,46	49,89	81,3	-	-	-	-
18	192,3	680,87	163,09	30	30	327,08	149,19	201	-	-	-	-
19	207,9	921,82	116,33	30	30	228,88	218,55	123,9	-	-	-	-
20	81,6	163,65	166,39	27	27	294,67	138,77	183,9	-	-	-	-
21	130,8	502,17	27,34	12	12	288,32	10,48	130,8	-	-	-	-

الجامعة الإسلامية
الاستاذ الدكتور

Lampiran 3 Data Waktu Siklus TC Eksisting Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E

Data Waktu Siklus TC Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E Eksisting Pada 7 November 2020

No. Siklus	Angkat (detik)					Bongkar	Kembali (detik)				Total Waktu Siklus (detik)
	Muat	Angkat	Slewing	Trolley	Landing		Angkat	Slewing	Trolley	Landing	
1	641,17	18,09	18,57	19,5	19,13	107,14	9,13	11,1	21,82	8,21	873,86
2	202,45	24,43	17,48	21,32	21,09	69,28	5,7	6,07	35,86	28,76	432,44
3	141,58	30,44	59,18	42,15	28,41	182,85	26,76	0	58,21	3,58	573,16
4	99,82	12,08	8,92	10,02	14,23	407,85	4,88	10,91	7,1	6,21	582,02
5	129,77	7,78	12,57	11,59	15,01	420,36	5,72	10,55	10,12	3,82	627,29
6	115,3	5,67	17,18	18,01	42,25	116,86	0	2,15	0	0	317,42
7	189,87	37,21	56,58	12,18	15,73	57,14	6,91	29,14	13,21	35,94	453,91
8	96,75	40,36	29,12	10,28	13,77	43,14	3,14	24,47	5,82	25,26	292,11
9	88,59	32,97	39,47	11,15	25,45	44,04	4,06	26,29	7,15	27,96	307,13
10	86,42	34,71	32,18	12,58	21	63,29	5,08	33,97	6,82	33	329,05
11	90,61	35,91	34,31	10,75	19,65	52,37	7,96	28,93	8,19	44,25	332,93
12	99,5	34,78	33,21	11,29	28,21	56,99	7,63	24,51	10,25	39,66	346,03
13	75,56	34,22	30,71	9,81	17,1	30,71	3,34	27,52	9,15	36,43	274,55
14	69,71	35,04	58,34	41,31	5,57	5,57	6,76	5,28	0	7,81	235,39
15	49,99	18,52	16,26	21,15	9,25	9,25	13,27	4,49	15,21	18,59	175,98
										TOTAL	6153,27

Rekapitulasi Data Waktu Siklus TC Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E Eksisting Selama 21 Hari.

No	Hari	Tanggal	Total (detik)	Total (jam)
1	Sabtu	07 November 2020	6153,27	1,709
2	minggu	08 November 2020	9489,7483	2,636
3	Senin	09 November 2020	9916,7	2,755
4	selasa	10 November 2020	5391,02	1,498
5	rabu	11 November 2020	13445,5	3,735
6	kamis	12 November 2020	12260,97	3,406
7	jum'at	13 November 2020	9839,06	2,733
8	sabtu	14 November 2020	6510,15	1,808
9	minggu	15 November 2020	10388,35	2,886
10	senin	16 November 2020	14426,8181	4,007
11	selasa	17 November 2020	16778,27	4,661
12	rabu	18 November 2020	18863,1	5,240
13	kamis	19 November 2020	7613,96	2,115
14	jum'at	20 November 2020	11245,31	3,124
15	sabtu	21 November 2020	4009,01	1,114
16	minggu	22 November 2020	6455,97	1,793
17	senin	23 November 2020	1368,75	0,380
18	selasa	24 November 2020	8865,1	2,463
19	rabu	25 November 2020	8422,7	2,340
20	kamis	26 November 2020	5209,66	1,447
21	jum'at	27 November 2020	4977,28	1,383
TOTAL			191630,696	53,231

Lampiran 4 Data Waktu Siklus TC Alternatif Potaindo MC 310 K12

Data Waktu Siklus TC Potaindo MC 310 K12 Alternatif Pada 7 November 2020

No. Siklus	Muat	Angkat (detik)					Bongkar	Kembali (detik)				Total Waktu Siklus (detik)
		Angkat	Slewing	Trolley	Landing	Angkat		Slewing	Trolley	Landing		
1	641,17	2,25	3,33446	11,6578	5,4	107,14	5,4	3,33446	11,6578	2,25	793,595	
2	202,45	2,25	3,33446	11,6578	5,4	69,28	2,25	4,26356	9,61408	18,225	328,725	
3	141,58	2,25	33,9669	15,5833	2,25	182,85	18,225	10,281	27,2346	2,25	436,471	
4	99,82	2,25	3,97467	14,0337	2,25	407,85	2,25	3,97467	14,0337	2,25	552,687	
5	129,77	2,25	3,97467	14,0337	2,25	420,36	2,25	5,47798	9,16971	2,25	591,786	
6	115,3	2,25	11,4186	10,2689	18,225	116,86	2,25	0	16,7021	2,25	295,525	
7	189,87	18,225	13,8658	15,5382	2,25	57,14	2,25	13,8658	15,5382	18,225	346,768	
8	96,75	18,225	13,8658	15,5382	2,25	43,14	2,25	13,8658	15,5382	18,225	239,648	
9	88,59	18,225	13,8658	15,5382	2,25	44,04	2,25	13,8658	15,5382	18,225	232,388	
10	86,42	18,225	13,8658	15,5382	2,25	63,29	2,25	13,8658	15,5382	18,225	249,468	
11	90,61	18,225	13,8658	15,5382	2,25	52,37	2,25	13,8658	15,5382	18,225	242,738	
12	99,5	18,225	13,8658	15,5382	2,25	56,99	2,25	13,8658	15,5382	18,225	256,248	
13	75,56	18,225	13,8658	15,5382	2,25	30,71	2,25	13,8658	15,5382	18,225	206,028	
14	69,71	21,375	31,266	14,7552	2,25	5,57	2,25	0,16806	0,3737	2,25	149,968	
15	49,99	5,4	2,27229	7,94739	2,25	9,25	2,25	2,27229	7,94739	5,4	94,9794	
										TOTAL	5017,02	

Rekapitulasi Data Waktu Siklus *Tower Crane* Alternatif (Potaindo MC 310 K12) Selama 21 Hari

No	Hari	Tanggal	Total (detik)	Total (jam)
1	sabtu	07 November 2020	5017,02	1,39
2	minggu	08 November 2020	8297,61	2,30
3	senin	09 November 2020	8284,06	2,30
4	selasa	10 November 2020	4213,83	1,17
5	rabu	11 November 2020	11049,16	3,07
6	kamis	12 November 2020	10356,77	2,88
7	jum'at	13 November 2020	8435,42	2,34
8	sabtu	14 November 2020	4697,36	1,30
9	minggu	15 November 2020	9036,63	2,51
10	senin	16 November 2020	12218,87	3,39
11	selasa	17 November 2020	15103,55	4,20
12	rabu	18 November 2020	16292,57	4,53
13	kamis	19 November 2020	6666,58	1,85
14	jum'at	20 November 2020	8836,23	2,45
15	sabtu	21 November 2020	3149,88	0,87
16	minggu	22 November 2020	4815,92	1,34
17	senin	23 November 2020	1070,14	0,30
18	selasa	24 November 2020	7782,00	2,16
19	rabu	25 November 2020	7570,48	2,10
20	kamis	26 November 2020	4940,48	1,37
21	jum'at	27 November 2020	4646,91	1,29
		TOTAL	162481,48	45,13

Lampiran 5 Produktifitas TC Eksisting (Zoomlion QTZ 200 TC 6520-10E)

No	Hari	Tanggal	Total waktu (jam)	Beban (Kg)	Produktifitas (Kg/jam)
1	Sabtu	07 November 2020	1,71	15159,160	8868,939
2	minggu	08 November 2020	2,64	8597,022	3261,338
3	Senin	09 November 2020	2,75	21446,917	7785,745
4	selasa	10 November 2020	1,50	7941,532	5303,174
5	rabu	11 November 2020	3,73	44720,694	11973,857
6	kamis	12 November 2020	3,41	22753,355	6680,718
7	jum'at	13 November 2020	2,73	11014,128	4029,944
8	sabtu	14 November 2020	1,81	35101,241	19410,377
9	minggu	15 November 2020	2,89	18734,417	6492,263
10	senin	16 November 2020	4,01	35927,274	8965,122
11	selasa	17 November 2020	4,66	23665,572	5077,762
12	rabu	18 November 2020	5,24	26807,020	5116,088
13	kamis	19 November 2020	2,11	9688,154	4580,711
14	jum'at	20 November 2020	3,12	30524,480	9771,908
15	sabtu	21 November 2020	1,11	6672,969	5992,175
16	minggu	22 November 2020	1,79	9929,592	5536,973
17	senin	23 November 2020	0,38	1181,964	3108,727
18	selasa	24 November 2020	2,46	11291,426	4585,299
19	rabu	25 November 2020	2,34	7436,205	3178,356
20	kamis	26 November 2020	1,45	6751,632	4665,540
21	jum'at	27 November 2020	1,38	3003,108	2172,108
				TOTAL	136557,124

Lampiran 6 Produktifitas TC Alternatif (Potaindo MC 310 K12)

No	Hari	Tanggal	Total waktu (jam)	Beban (Kg)	Produktifitas (Kg/jam)
1	Sabtu	07 November 2020	1,39	15159,16044	10877,567
2	minggu	08 November 2020	2,30	8597,02224	3729,901
3	Senin	09 November 2020	2,30	21446,91676	9320,171
4	selasa	10 November 2020	1,17	7941,53244	6784,690
5	rabu	11 November 2020	3,07	44720,69443	14570,750
6	kamis	12 November 2020	2,88	22753,35492	7909,038
7	jum'at	13 November 2020	2,34	11014,1283	4700,518
8	sabtu	14 November 2020	1,30	35101,241	26901,155
9	minggu	15 November 2020	2,51	18734,4169	7463,392
10	senin	16 November 2020	3,39	35927,27417	10585,119
11	selasa	17 November 2020	4,20	23665,57195	5640,797
12	rabu	18 November 2020	4,53	26807,02047	5923,270
13	kamis	19 November 2020	1,85	9688,153703	5231,674
14	jum'at	20 November 2020	2,45	30524,48046	12436,081
15	sabtu	21 November 2020	0,87	6672,9688	7626,548
16	minggu	22 November 2020	1,34	9929,59173	7422,576
17	senin	23 November 2020	0,30	1181,964	3976,197
18	selasa	24 November 2020	2,16	11291,42625	5223,481
19	rabu	25 November 2020	2,10	7436,205072	3536,146
20	kamis	26 November 2020	1,37	6751,632	4919,736
21	jum'at	27 November 2020	1,29	3003,108085	2326,531
				TOTAL	167105,339

Lampiran 7 Berat Jenis Material

No	Nama Material	Berat (Kg)
1	Perancah (Frame Utama Bawah)	7,8
2	Perancah (Frame Utama Atas)	6,5
3	Perancah (Frame Pengaku Panjang)	7,2
4	Perancah (Frame Pengaku Pendek)	6,8
5	Perancah (Suri - Suri)	10,8
6	Perancah (Besi <i>Hollow</i>)	4,8
7	Perancah (Besi Siku)	1,6
8	Jackbase	6,55
9	U-head	5
10	Perancah (Baut Sabuk)	3,7
11	Beton segar/m ³	2400
12	Papan triplex/m ³	1000

Lampiran 8 Foto Kegiatan



Gambar 7. 1 Tower crane eksisting



Gambar 7. 2 Concrete bucket



Gambar 7. 3 Tulangan Sengkang



Gambar 7. 4 Jackbase dan U-head



Gambar 7. 5 Skaffolding



Gambar 7. 6 Suri – suri



Gambar 7. 7 Scaffolding pengaku



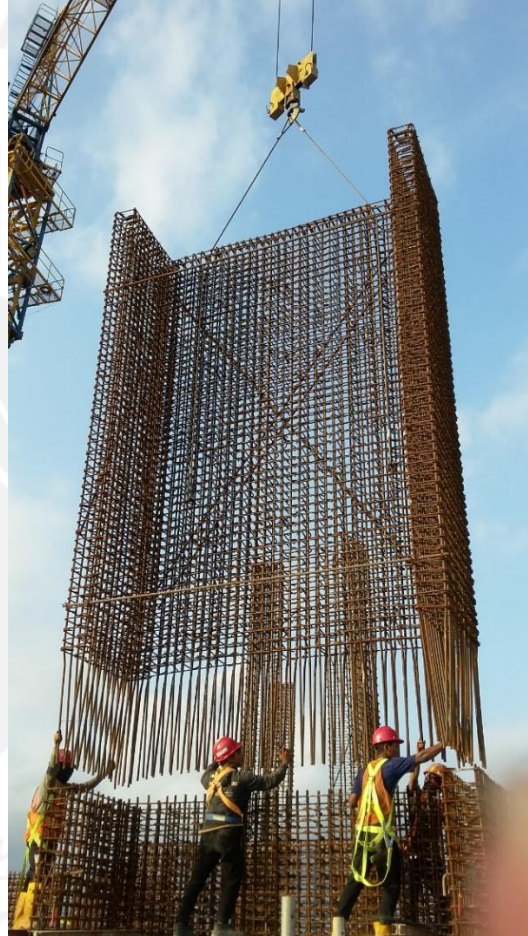
Gambar 7. 8 Bekisting



Gambar 7. 9 Pengangkatan bekisting *shearwall*



Gambar 7. 10 Tulangan kolom satu set



Gambar 7. 11 Tulangan shearwall satu set

Lampiran 9 Data Spesifikasi Tower Crane Eksisting, Alternatif & Genset

Ciketing - Bekasi Timur, 17153
Telepon : (021) 824 83255/240, Fax
Email : headoffice@pp-presisi.co.id

BERITA ACARA LOADING TEST TOWER CRANE

Telah melakukan proses diatas pada

Hari dan Tanggal : 21 Januari 2020
 Nama Proyek : TILC UGM Yogyakarta.
 Lokasi Proyek : TC 1
 Yang bertanda tangan di bawah ini :

1. Nama : MARIUS BRATA
 Jabatan : TEKNISI / MEKANIK

Dengan ini telah selesai melakukan Loading Test untuk tower crane dengan spesifikasi alat sebagai berikut :

Merk	: ZOOMLION.
Type	: Qt 2 200 (TC 6520-100)
No Register	: 2012 TC 015 00173
Panjang Jib Boom	: 65 m
Panjang Counter Jib	: 14,8 m
Ketinggian Akhir	: 55 m.
Berat Counter Weight	: 25 ton
Limit Beban Boom	: 2 ton

Telah memeriksa bersama dan menyatakan bahwa alat tersebut sudah diloaded test dengan beban 2000 Kg Berapa ^{basi 25 mm} pada radius ^{43 batang} 64,5 Meter.

Demikian Berita Acara Loading Test ini di buat rangkap 3 (tiga) lembar untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya dan masing - masing memegang satu lembar.

21-01-2020

(MARIUS BRATA)
PT PP PRESISI Tbk

(Muhammad Iqbal)
SHE

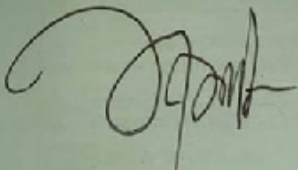
(HARTONO)
PROYEK

Gambar 7. 12 Data spesifikasi tower crane eksisting
Sumber : Hartono (Proyek TILC UGM)

a. Spesifikasi Tower Crane Pengganti 1

Data spesifikasi tower crane pengganti 1 yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tipe	Mc 310 k12
Merk	Potain
Buatan (Negara)	Manitowoc cina
Tahun Pembuatan	2019
Beban maksimum (Ton)	3,2t 12t
Kapasitas mesin (kW)	100 kVA
Panjang jangkauan jib (m)	70m
Kecepatan angkat (<i>hoist</i>) (m/detik)	-
Kecepatan berputar (<i>slewing</i>) (radian/detik)	-
Kecepatan bergeser (<i>trolley</i>) (m/detik)	-
Umur ekonomis (tahun)	-
Harga alat / harga sewa	100jt/bln
Upah operator (Rp/bulan)	15jt/bln
Biaya mobilisasi	7,5jt/truckx7
Biaya demobilisasi	7,5jt/truckx7
Umur tower crane (tahun)	2thn
Kapasitas Karter Pelumas (liter)	40 L (Rp. 40.000/L)
Penggantian oli (bulan)	-
Lama pemakaian Tower Crane (bulan)	-
Erection & Dismantle	30jt



MUCHLIS-ABDI

**Gambar 7. 13 Data spesifikasi tower crane alternatif
Sumber : Muchlis Abdi (Kokar WIKA)**


Infracore

DOOSAN INFRACORE CO., LTD DOOSAN TOWER 23 TH FL 18-12 EULJIRO-8 GA,
JUNG-GU SEOUL, KOREA 100-730

MAR 27, 2013
TO: WHOM IT MAY CONCERN

MANUFACTURER'S CERTIFICATE

WE DOOSAN INFRACORE CO., LTD. AS THE MANUFACTURER OF THE GOODS DESCRIBED BELOW, HEREBY CERTIFY THAT THE GOODS ARE OF ORIGIN MANUFACTURE AND PRODUCTION OF THE REPUBLIC OF KOREA

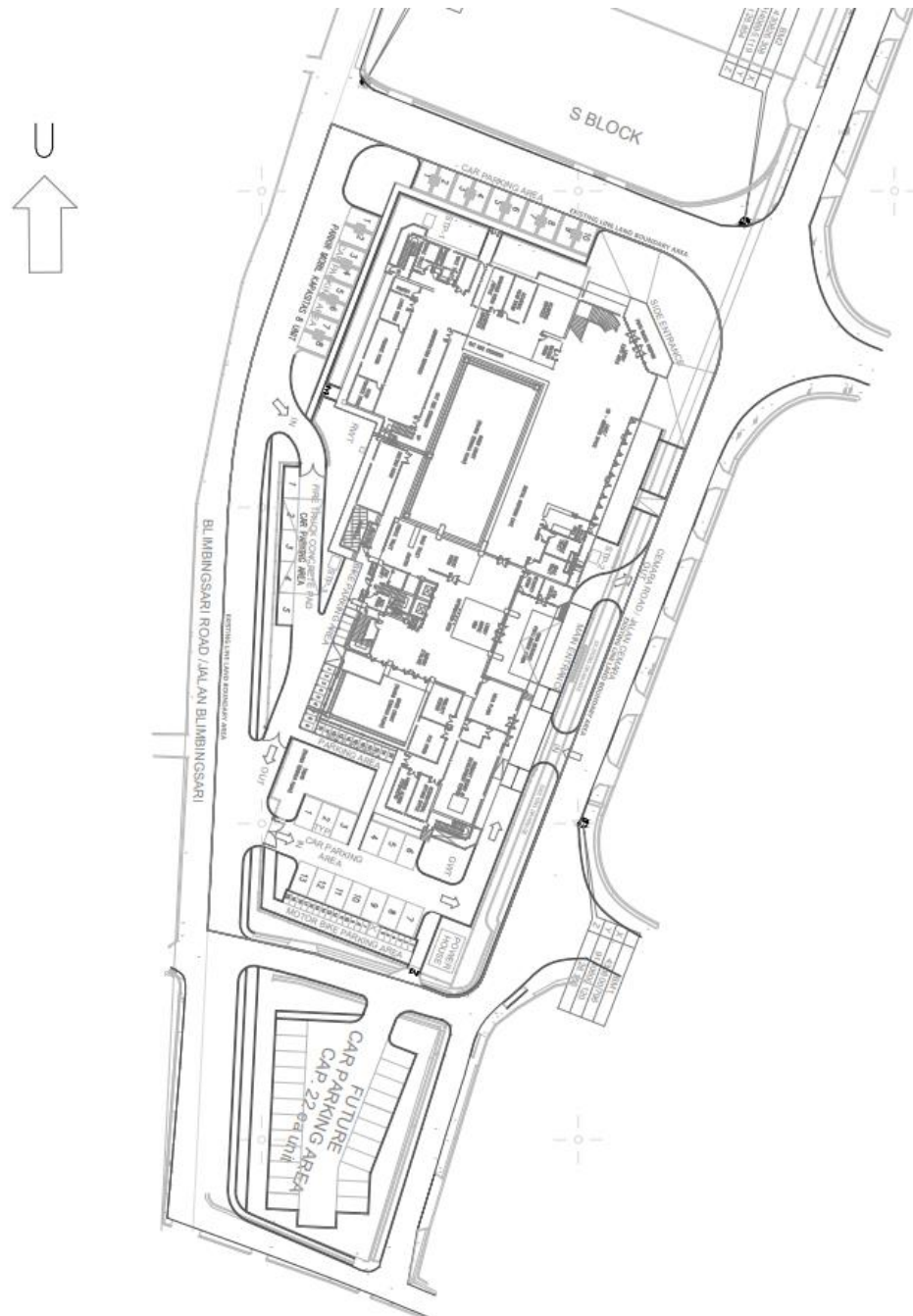
- DESCRIPTION: INCOTERM FOB BUSAN SOUTH KOREA
EET-130205-HJ06 DATED FEB 05, 2013
(11 UNITS OF DOOSAN DIESEL ENGINE)
- DESTINATION: TANJUNG MAS, SEMARANG
- MANUFACTURER: DOOSAN INFRACORE CO., LTD
- ENGINE MODEL & SERIAL NO. AS BELOWS

MODEL	ENGINE SERIAL NO.
D1146T	EAD0A324761 EAD0A324782
P086T1-I	EBP0B324771
P126T1	EDIOA329001 EDIOA320863 EDIOA320864 EDIOA320885 EDIOA320886 EDIOA320887
P126T1-II	EDIOC320894 EDIOC320895

DOOSAN INFRACORE CO., LTD
T. B. Jo
SIGNED BY ... GENERAL MANAGER
DOOSAN INFRACORE CO., LTD

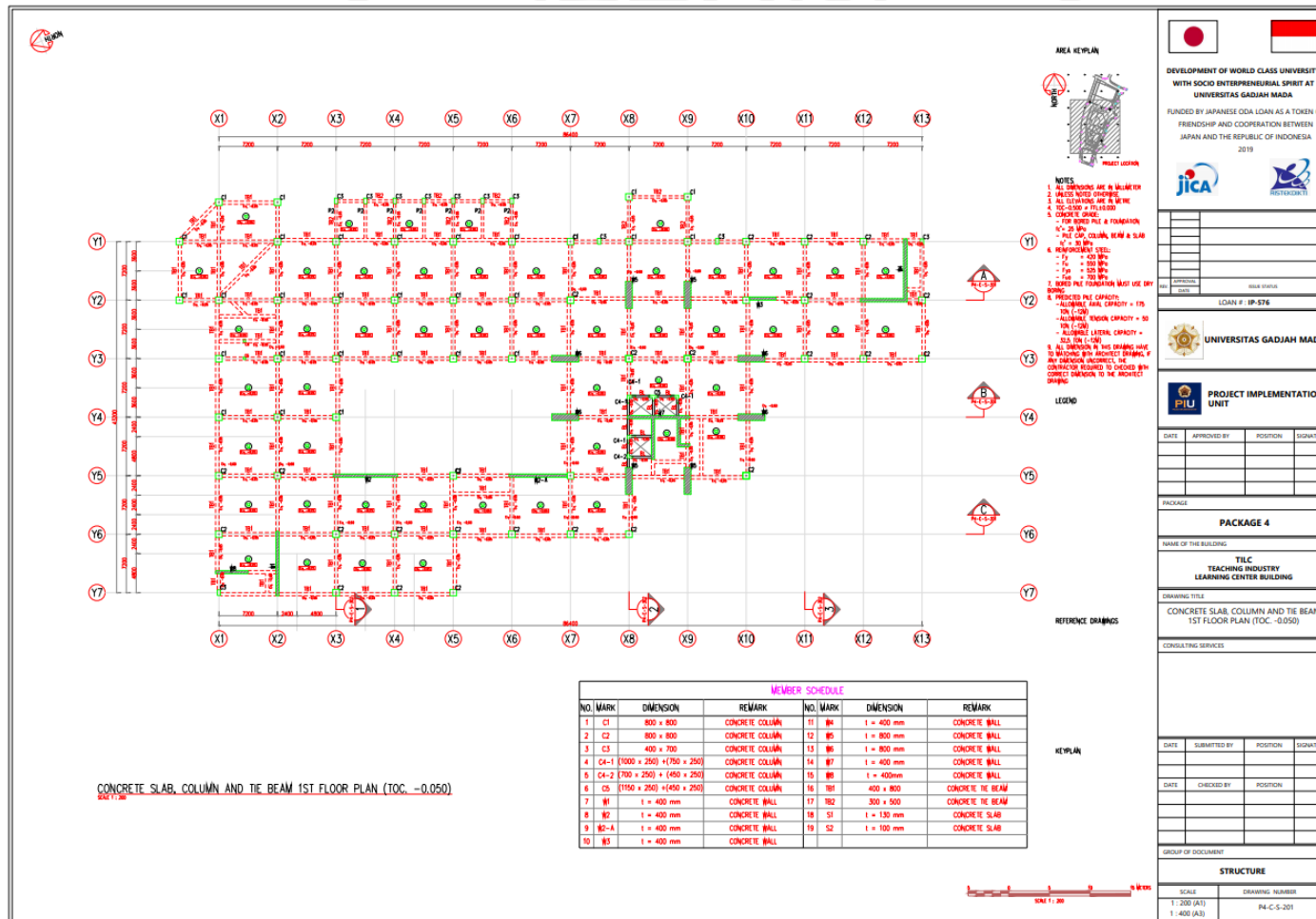
Gambar 7. 14 Data spesifikasi genset

Lampiran 11 *Siteplan* Lokasi Proyek TILC UGM

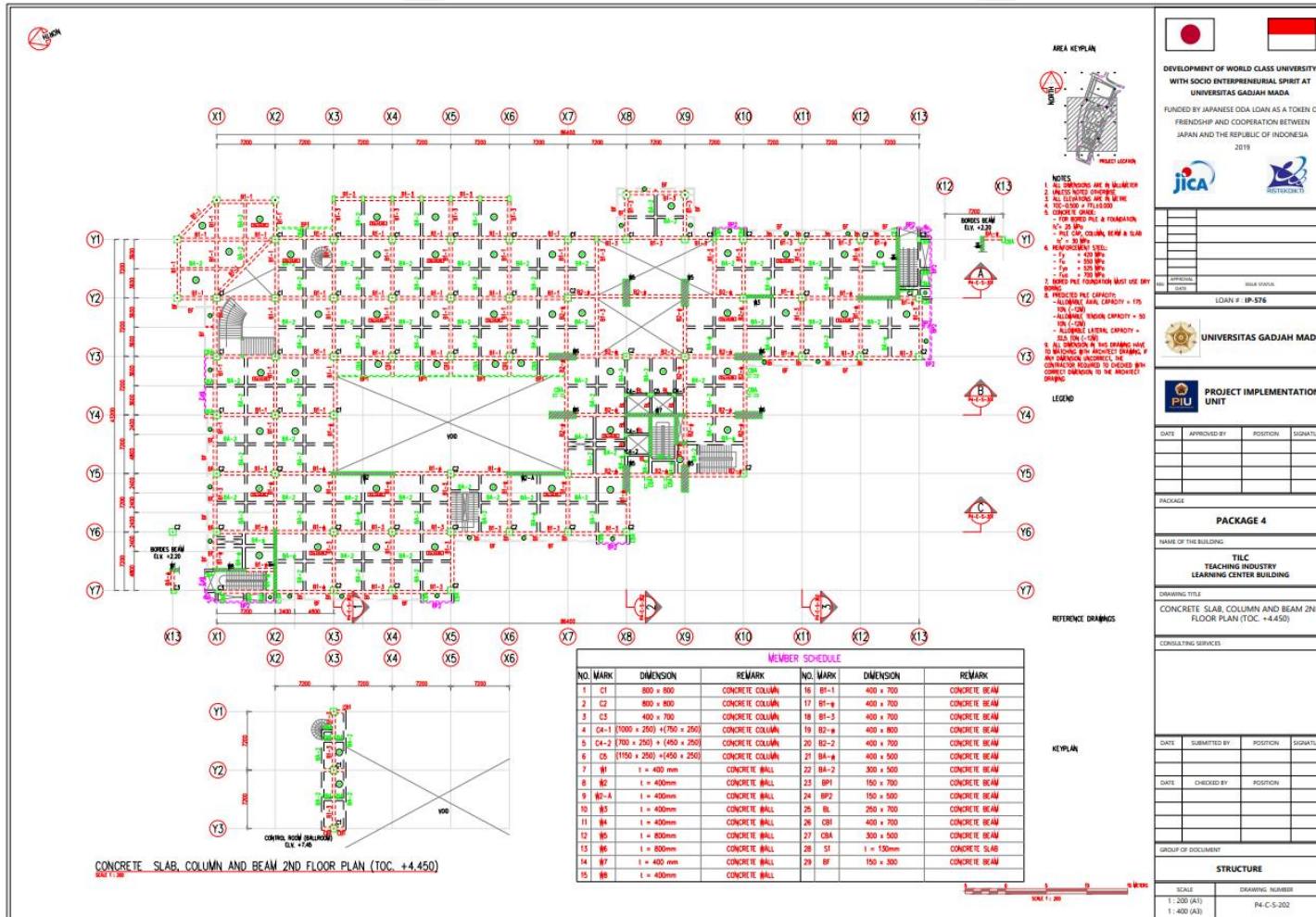


Gambar 7. 17 *Siteplan* lokasi proyek TILC UGM

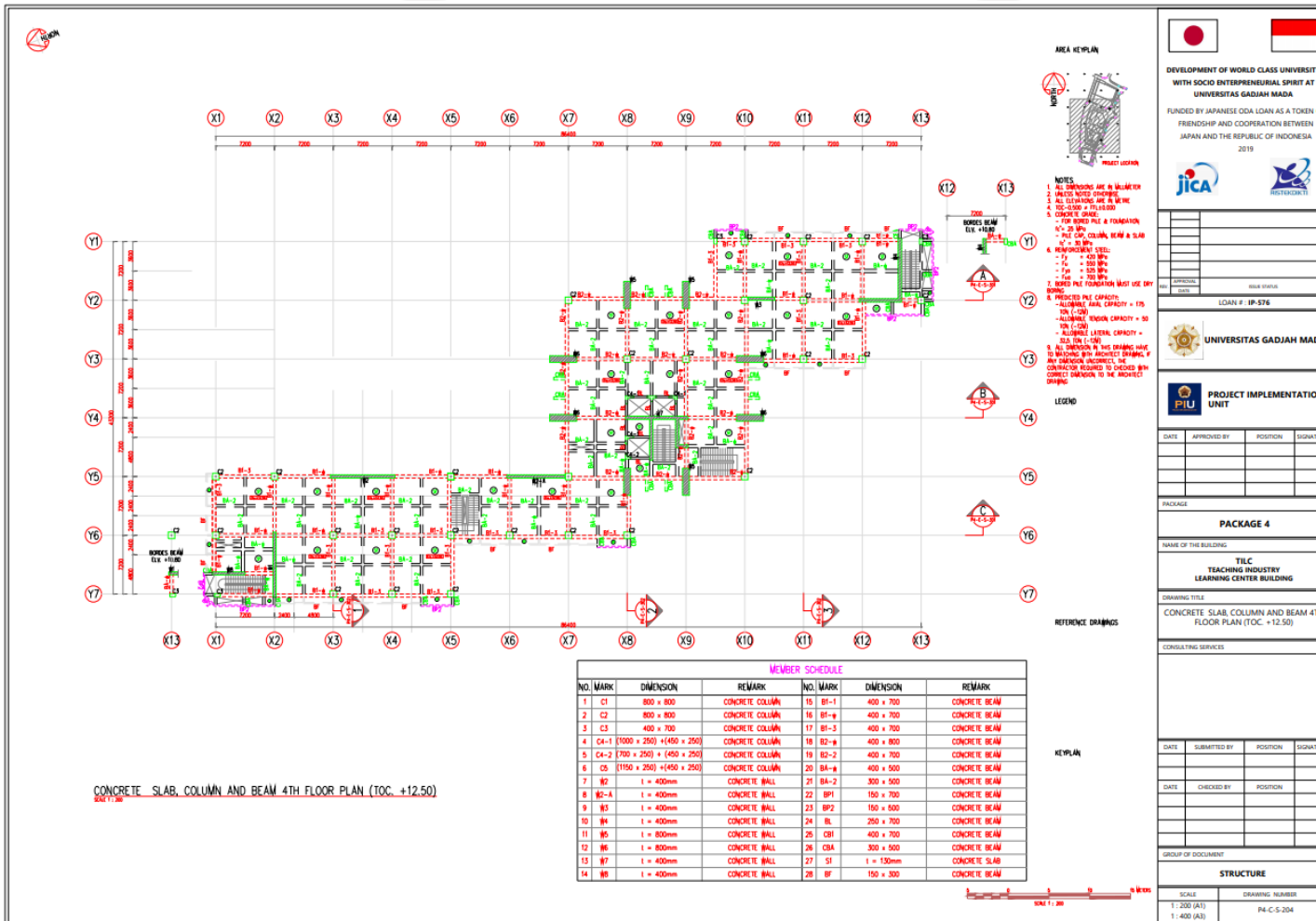
Lampiran 12 Denah Lantai 1 – 9 & Atap



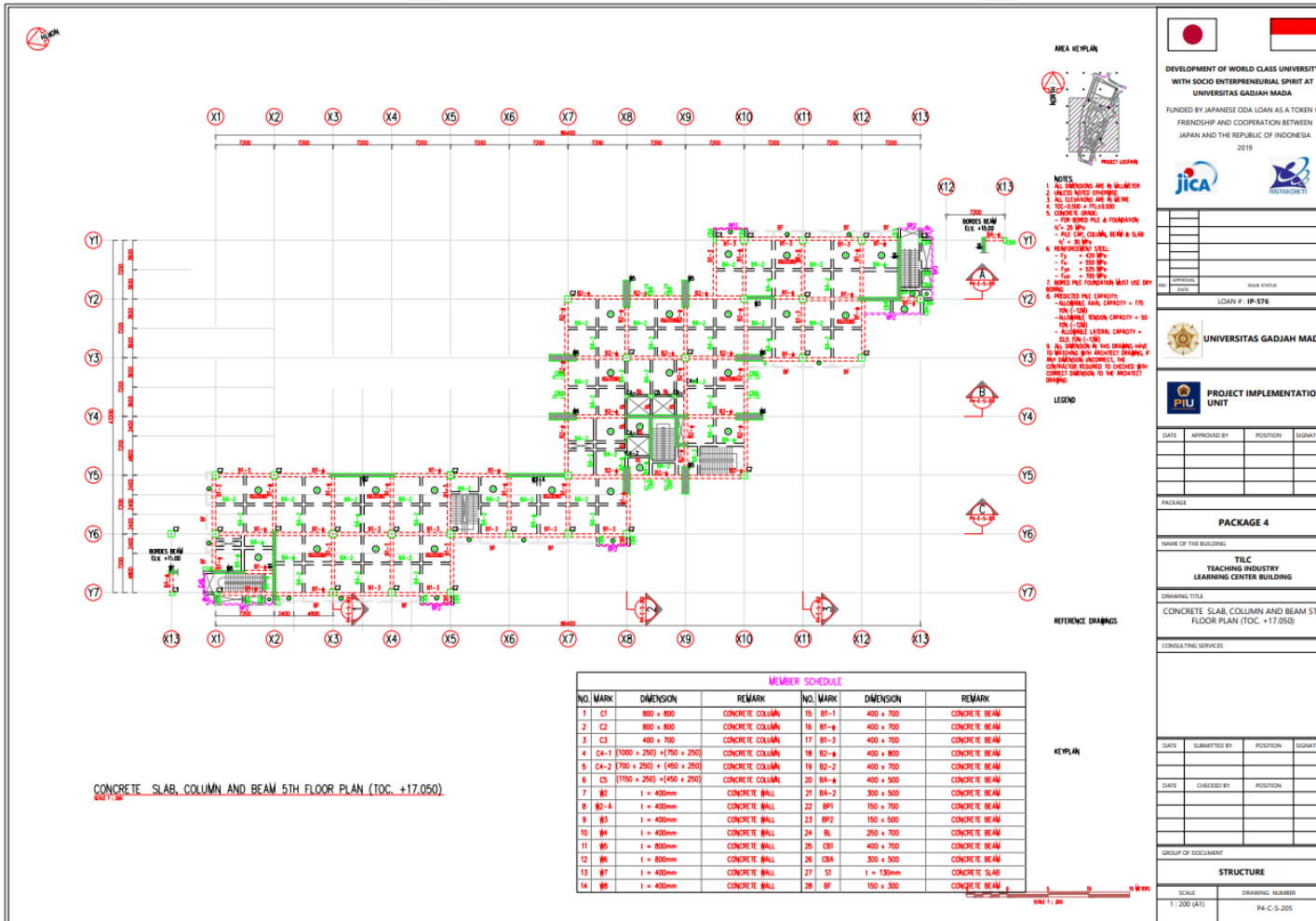
Gambar 7. 18 Denah lantai 1



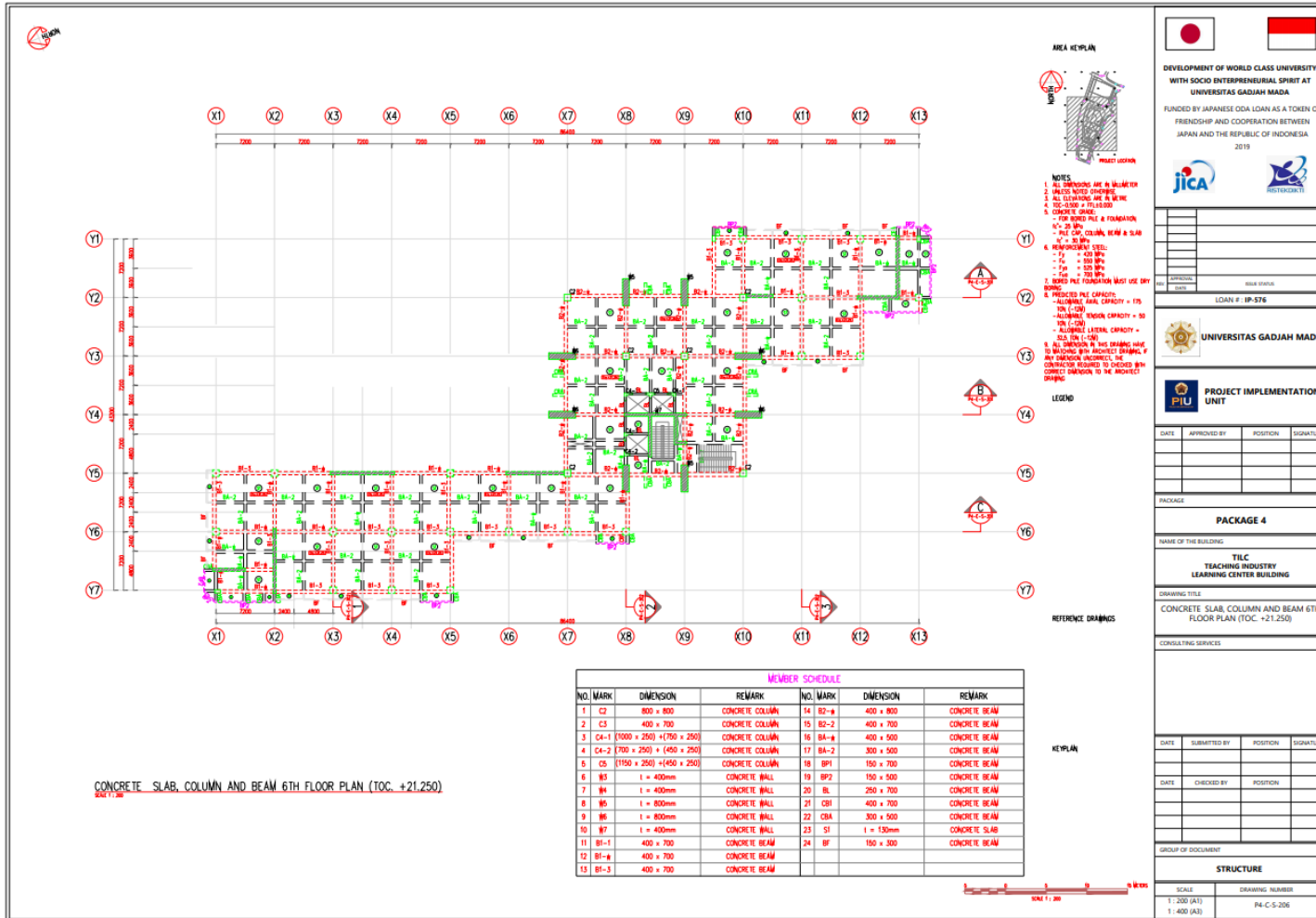
Gambar 7. 19 Denah lantai 2



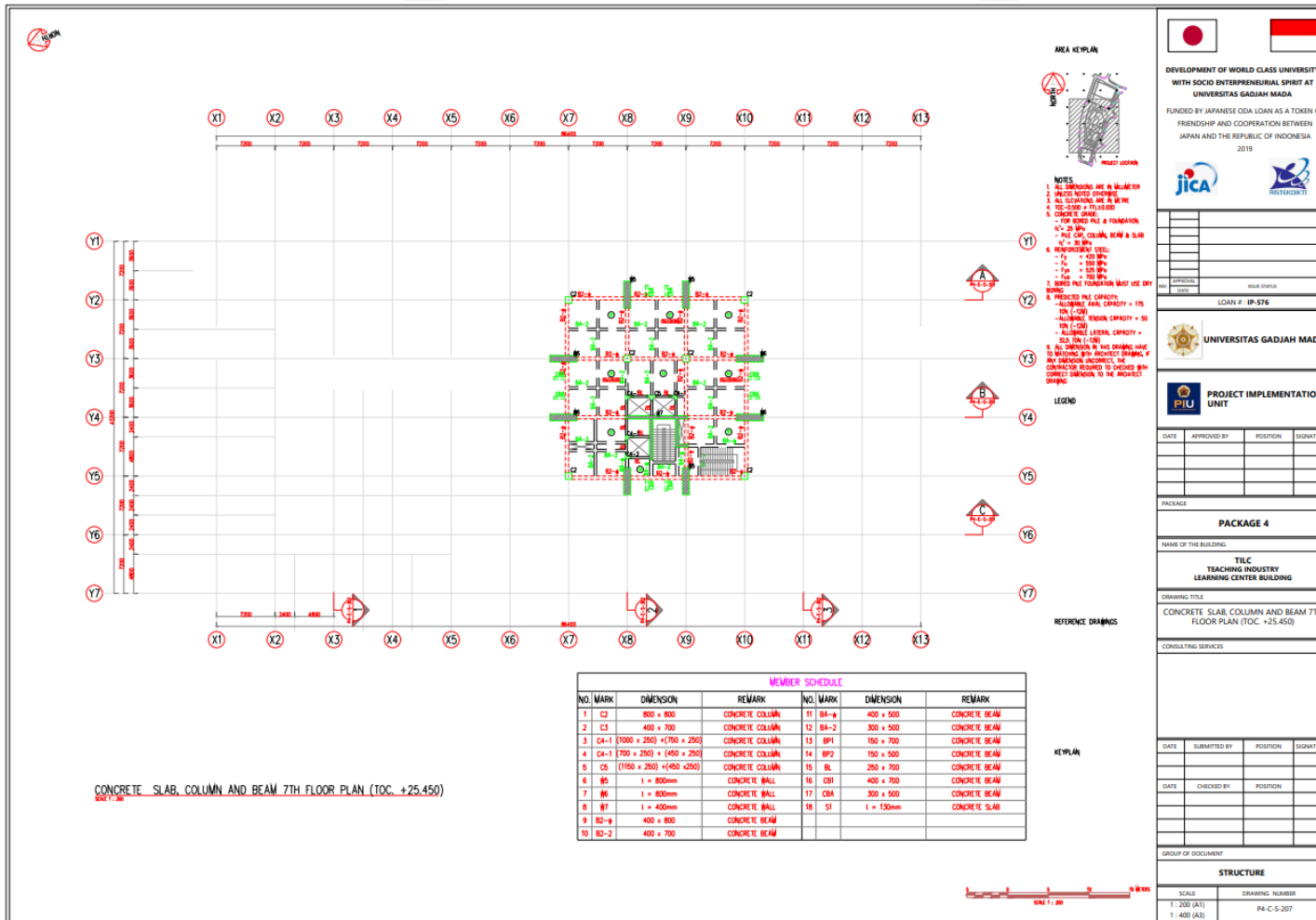
Gambar 7. 21 Denah lantai 4



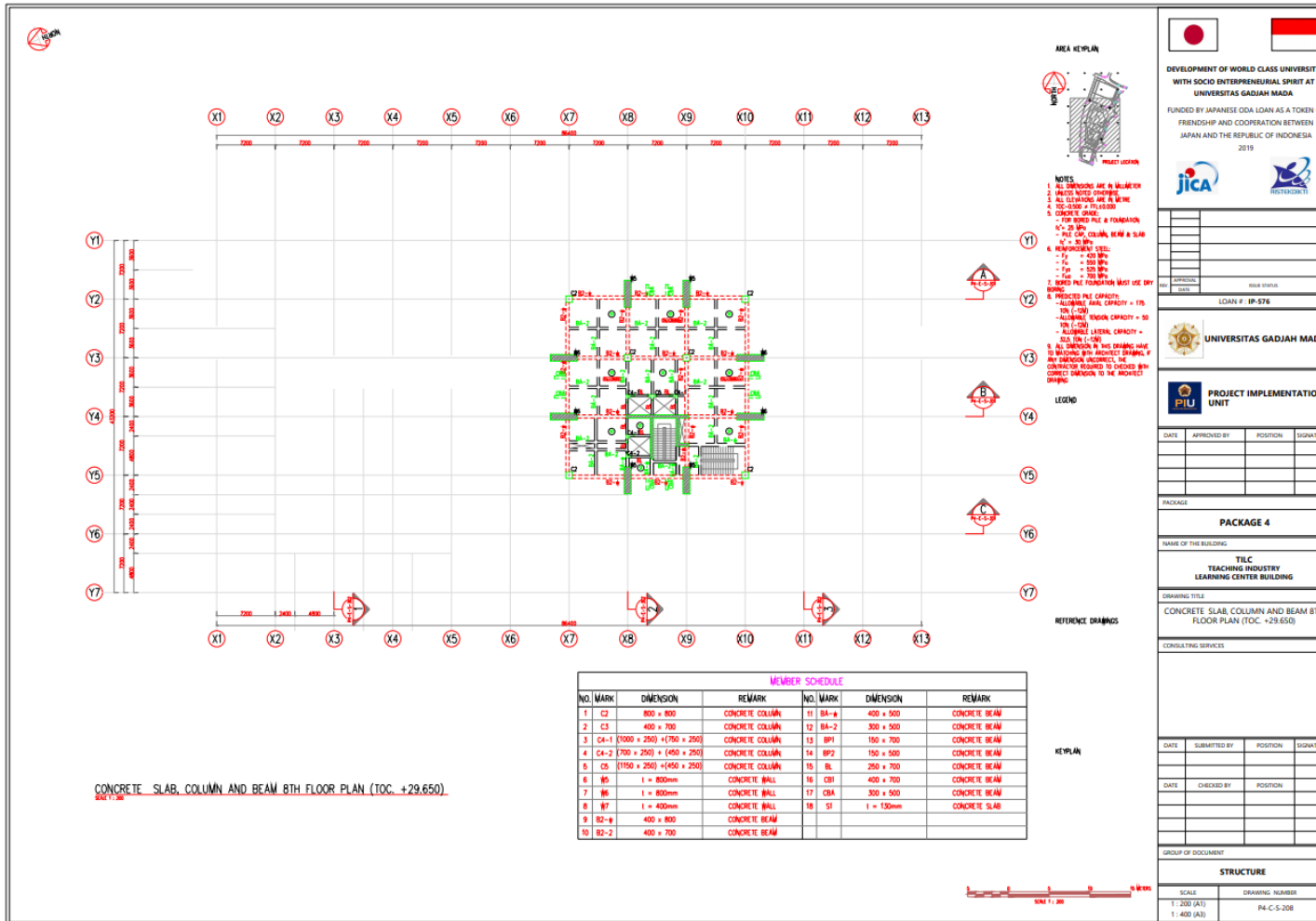
Gambar 7. 22 Denah lantai 5



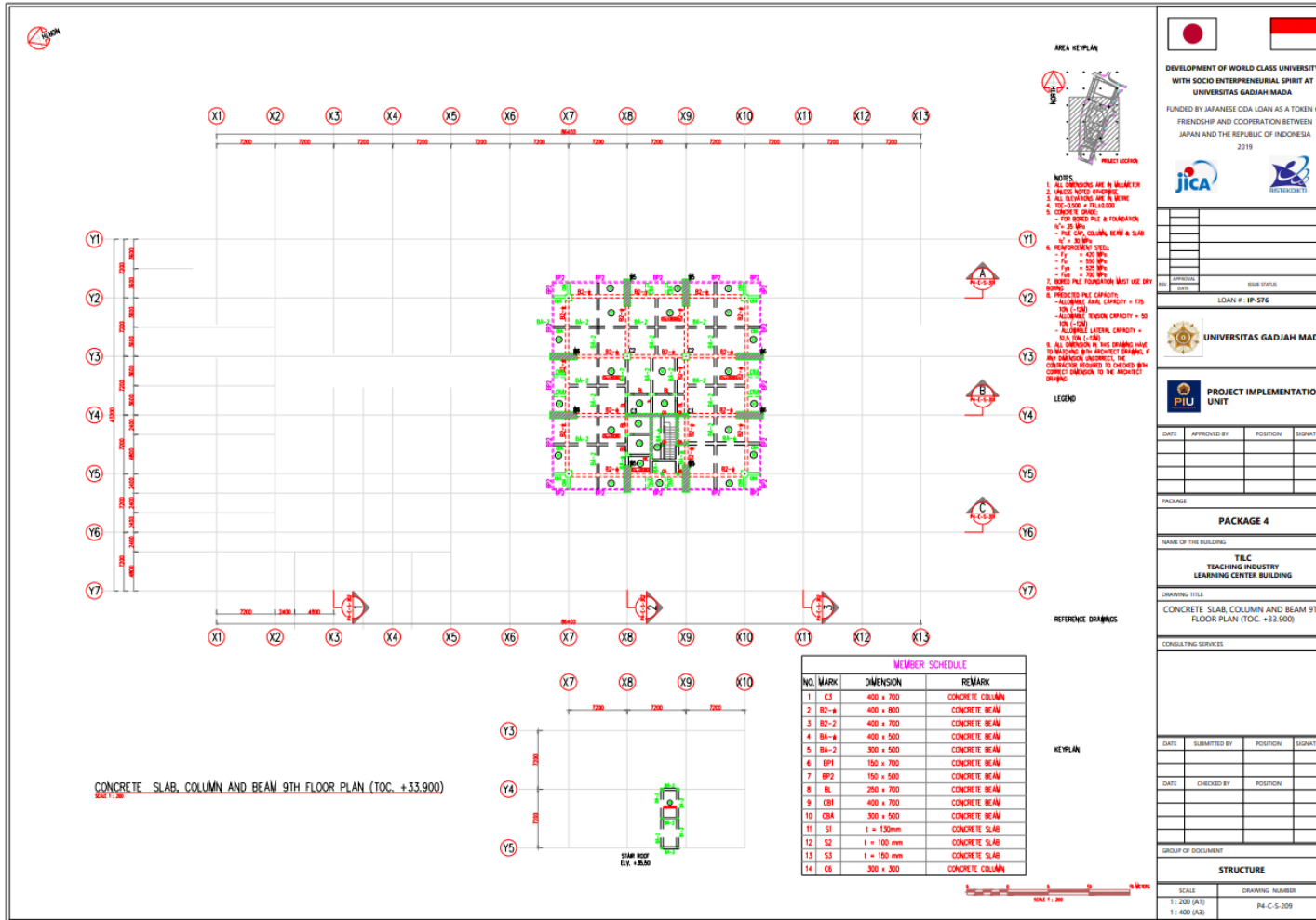
Gambar 7. 23 Denah lantai 6



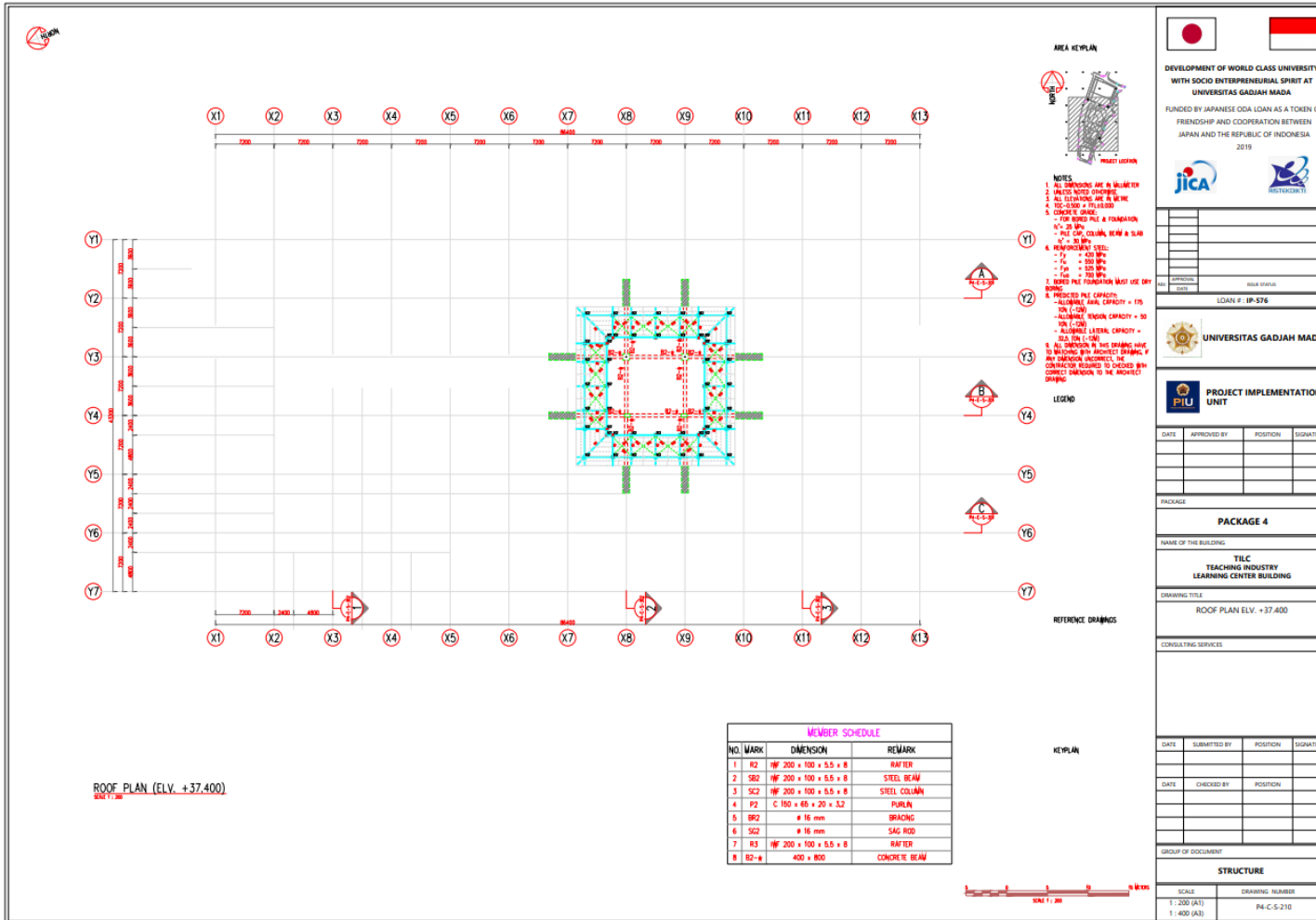
Gambar 7. 24 Denah lantai 7



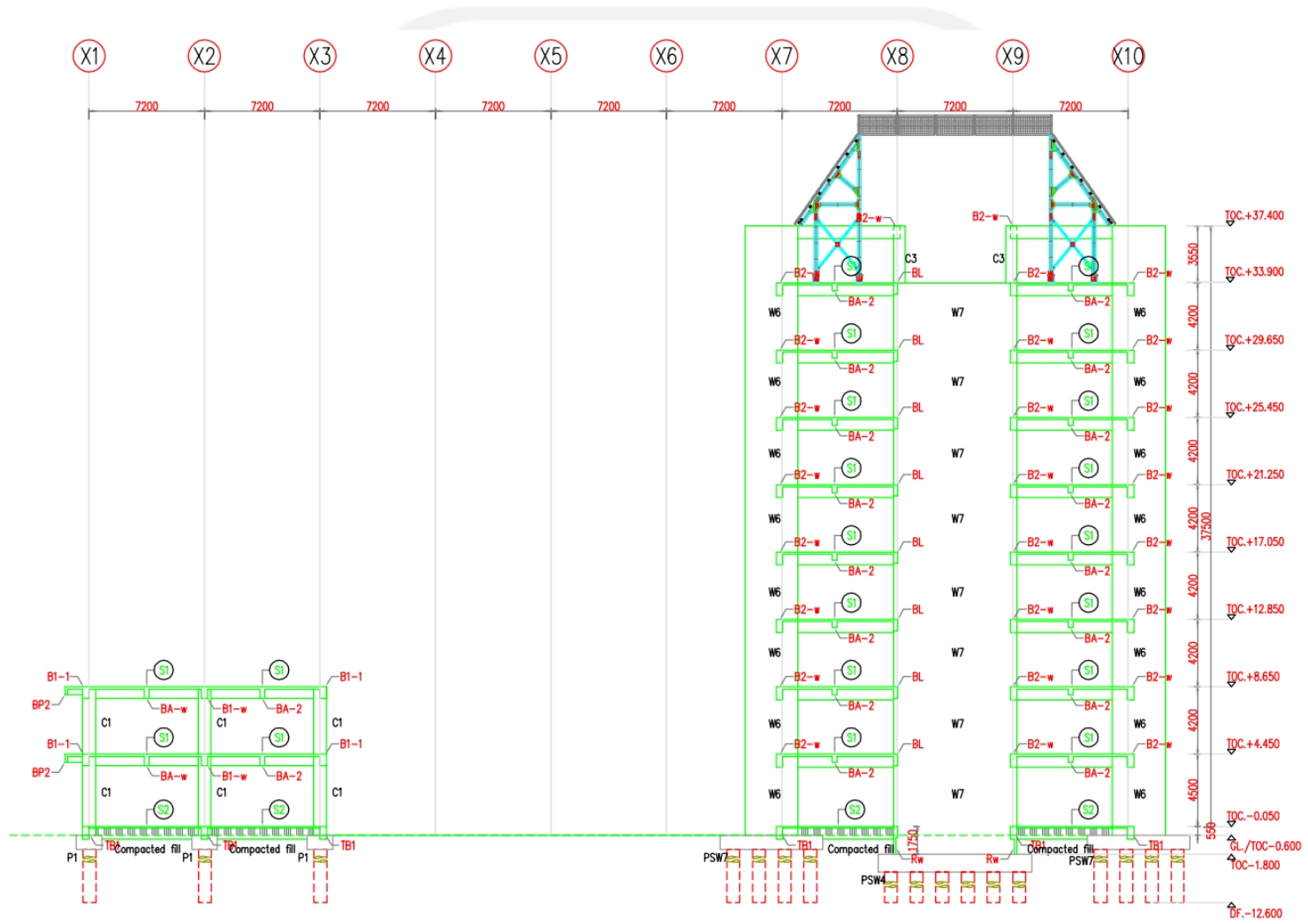
Gambar 7. 25 Denah lantai 7



Gambar 7. 26 Denah lantai 9



Gambar 7. 27 Denah atap



Gambar 7. 28 Elevasi bangunan (tampak 1)


Lampiran 13 Lembar Wawancara

Lembar Pengambilan Data

PERBANDINGAN BIAYA DAN PRODUKTIVITAS TOWER CRANE EXISTING DAN TOWER CRANE ALTERNATIF
 (Studi kasus : Proyek Pembangunan Gedung *Teaching Industry Learning Center* (TILC) Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada)

(COMPARISON OF COST AND PRODUCTIVITY OF EXISTING TOWER CRANE AND ALTERNATIVE TOWER CRANE)
 (Case Study : Construction Project Of *Teaching Industry Learning Center* (TILC) Building Of *Vocational School Gadjah Mada University*)

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



Wendy Oktianto
 14511169

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
 UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
 2020

Gambar 7. 31 Lembar Wawancara Pengambilan Data
 Sumber : Kepala Bagian Peralatan (Bp. Hartono)

Kapasitas Karter	
Pelumas (liter)	
Penggantian oli (bulan)	
Lama pemakaian Tower Crane (bulan)	

3. Spesifikasi Genset Tower Crane

Data tentang spesifikasi genset tower crane adalah sebagai berikut:

Tipe	D1146T
Merk	Doosan
Buatan (Negara)	Korea
Kapasitas Daya mesin (kW)	250 kVA a 2500 kW
Harga sewa genset (Rp/bulan)	23 jt /bulan
Biaya mobilisasi	5 jt
Biaya demobilisasi	5 jt
Jenis bahan bakar	Solar industri / solar biasa.
Gaji Operator	4,5 jt /bulan

Spesifikasi Concrete Bucket

Data tentang spesifikasi concrete bucket adalah sebagai berikut:

Kapasitas (m ³)	0,8 m ³
-----------------------------	--------------------

Gambar 7. 32 Spesifikasi Genset & Concrete Bucket
 Sumber : Kepala Bagian Peralatan (Bp. Hartono)

Spesifikasi Tower Crane ~~Pengganti~~ Eksisting

Data spesifikasi tower crane pengganti 1 yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tipe	QTZ 200 TC 6520-106.
Merk	Zoomlion
Buatan (Negara)	china
Tahun Pembuatan	2013
Beban maksimum (Ton)	2 ton. Ujung 2,2 ton
Kapasitas mesin (kW)	75 kW
Panjang jangkauan jib (m)	60 m
Kecepatan angkat (hoist) (m/detik)	Can standar
Kecepatan berputar (slewing) (radian/detik)	can standar
Kecepatan bergeser (trolley) (m/detik)	can standar
Umur ekonomis (tahun)	X Mayawa.
Harga alat / harga sewa	70 jt /bulan
Upah operator (Rp/bulan)	8 jt /bulan atau 2 operator
Biaya mobilisasi	7.500.000 x 9 (tatar)
Biaya demobilisasi	7.500.000 x 9
Umur tower crane (tahun)	-
Kapasitas Karter Pelumas (liter)	Pewapada 40 L (SAE-10) ⇒ Rp 40.000/liter
Penggantian oli (bulan)	-
Lama pemakaian Tower Crane (bulan)	dar. 24 Jun 2010. 24 Feb 2011
erection & dismantle	= 40.000.000

Gambar 7. 33 Spesifikasi Tower Crane Eksisting
Sumber : Kepala Bagian Peralatan (Bp. Hartono)

a. Spesifikasi Tower Crane Pengganti 1

Data spesifikasi tower crane pengganti 1 yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

Tipe	Mc 310 k12
Merk	Potain
Buatan (Negara)	Manitowoc cina
Tahun Pembuatan	2019
Beban maksimum (Ton)	3,2t 12t
Kapasitas mesin (kW)	100 kVA
Panjang jangkauan jib (m)	70m
Kecepatan angkat (hoist) (m/detik)	-
Kecepatan berputar (slewing) (radian/detik)	-
Kecepatan bergeser (trolley) (m/detik)	-
Umur ekonomis (tahun)	-
Harga alat / harga sewa	100jt/bln
Upah operator (Rp/bulan)	15jt/bln
Biaya mobilisasi	7,5jt/truckx7
Biaya demobilisasi	7,5jt/truckx7
Umur tower crane (tahun)	2thn
Kapasitas Karter Pelumas (liter)	40 L (Rp. 40.000/L)
Penggantian oli (bulan)	-
Lama pemakaian Tower Crane (bulan)	-
Erection & Dismantle	30jt

Muchlis Abdi
MUCHLIS-ABDI

Gambar 7. 34 Spesifikasi Tower Crane Alternatif
Sumber : Kokar WIKA (Bp. Muchlis Abdi)

Lampiran 14 Harga Solar Industri

Area Distribusi	Area I			Area II		
Sektor Bisnis	Industri	Tambang	Shipping	Industri	Tambang	Shipping
Harga Dasar Pertamina	Rp 9,448.43	Rp 9,800.50	Rp 9,758.00	Rp 9,483.88	Rp 10,013.00	Rp 9,949.25
Area Distribusi	Area III			Area IV		
Sektor Bisnis	Industri	Tambang	Shipping	Industri	Tambang	Shipping
Harga Dasar Pertamina	Rp 9,559.59	Rp 9,915.80	Rp 9,872.80	Rp 9,726.33	Rp 10,088.75	Rp 10,045.00

(harga sudah termasuk PPn, PPh, PBBKB)

Dapatkan penawaran harga terbaik dari kami dengan discount khusus.

Kirimkan LOI (Letter of Intent) anda ke email : akbarbudhi@solarindustri.co.id atau hubungi di 081295000935

Keterangan :

Area I : Sumatera, Jawa, Bali, Madura

Area II : Kalimantan

Area III : Sulawesi, NTB

Area IV : Maluku, NTT, Irian Jaya

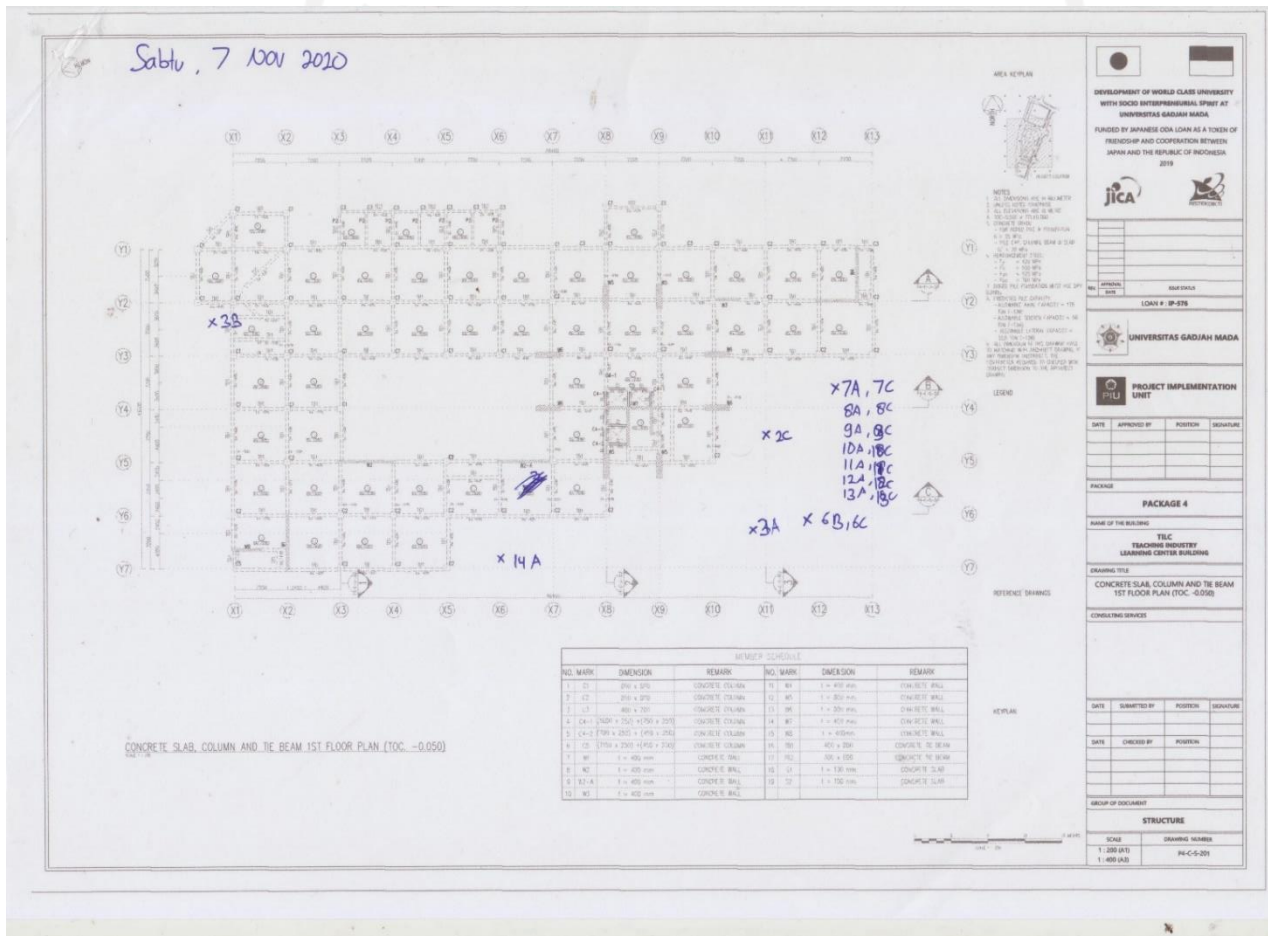
Gambar 7. 35 Harga Solar Industri

Sumber: <https://solarindustri.co.id/harga-dasar-solar-industri-pertamina-hsd/>

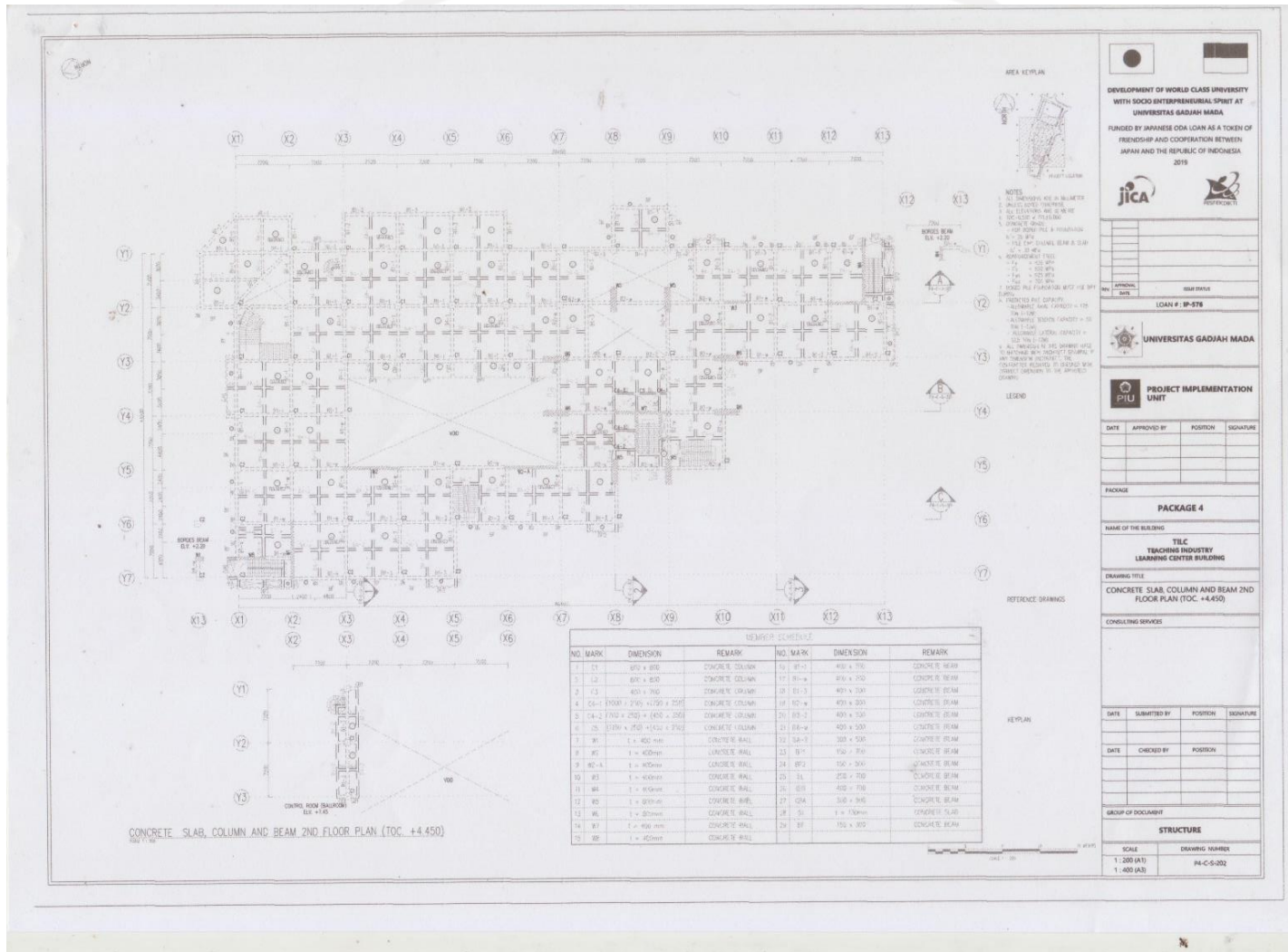


Lampiran 15 Data Jarak, Sudut & Elevasi

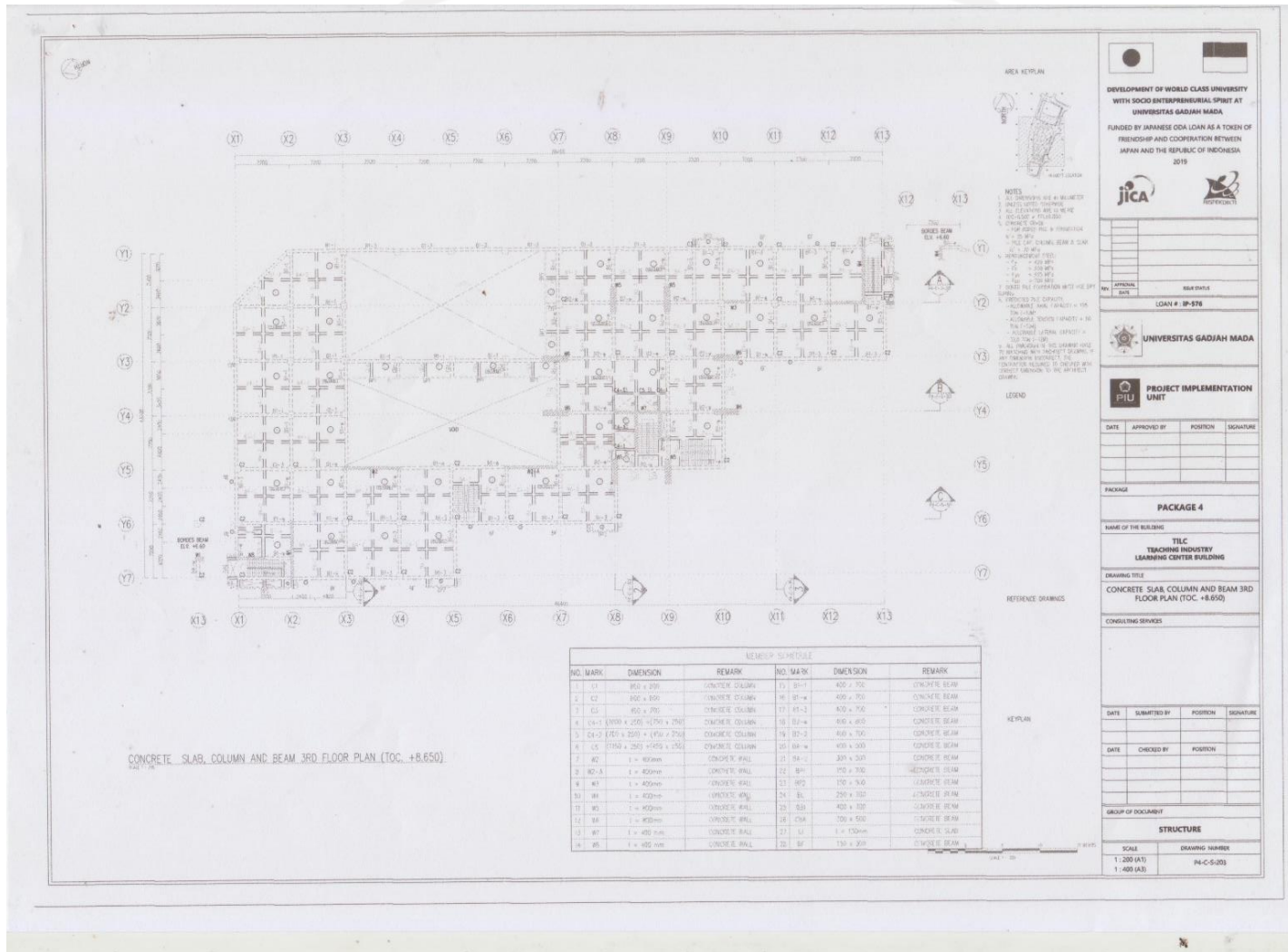
Data Jarak, Sudut & Elevasi Pada Sabtu, 7 November 2020 (Lantai-1 Sampai Lantai-9).



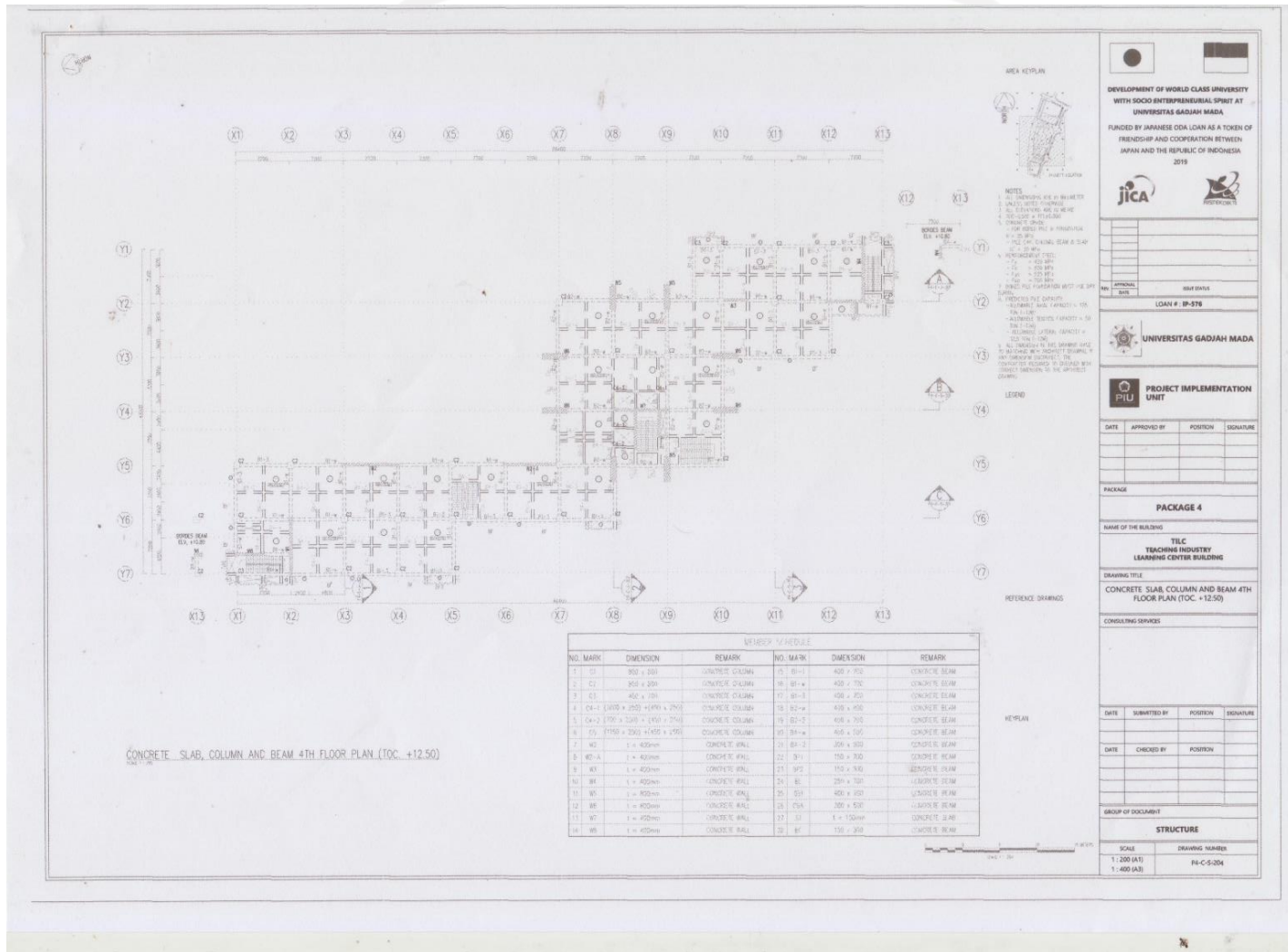
Gambar 7. 36 Gambar denah lantai 1



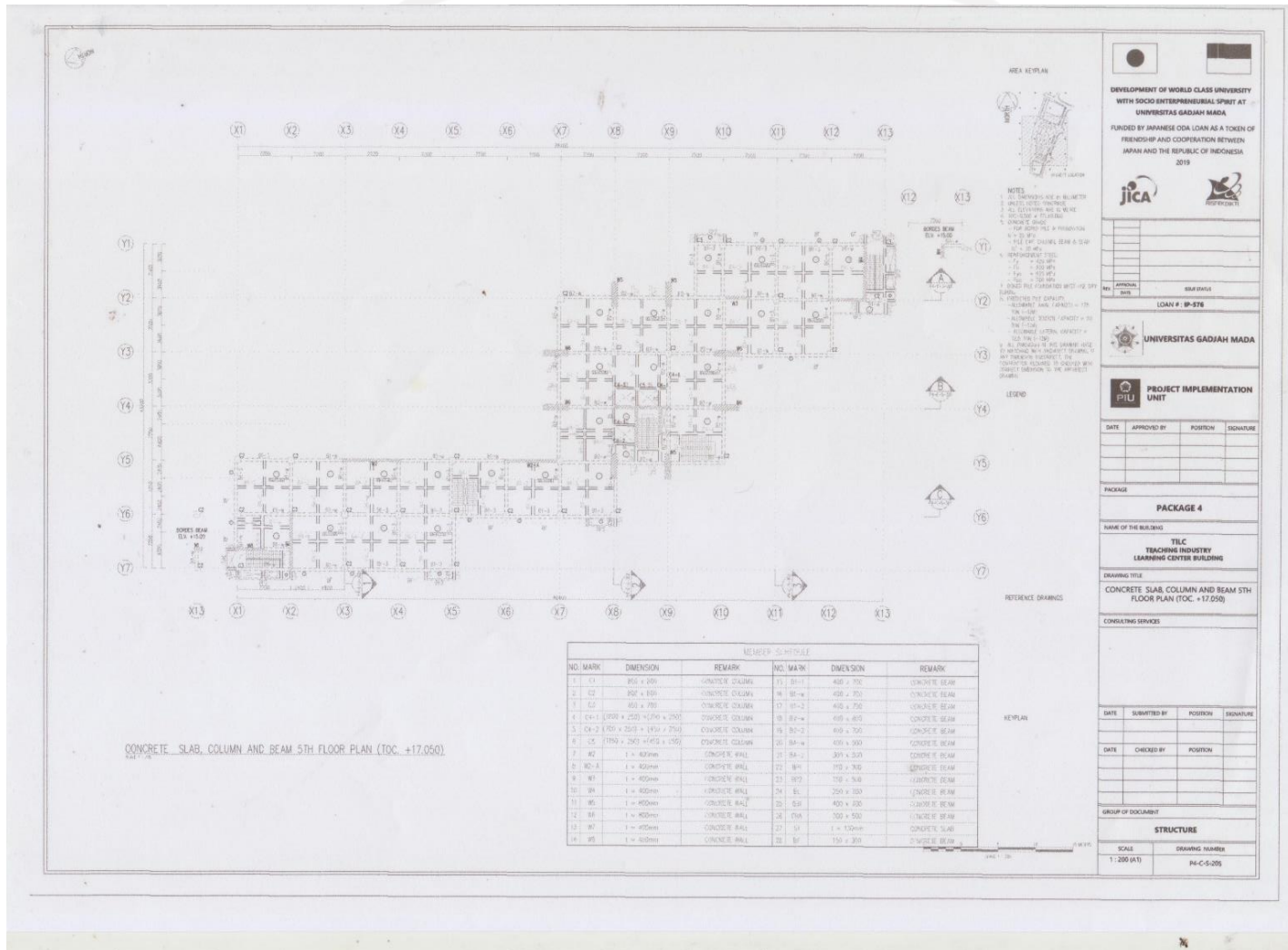
Gambar 7. 37 Gambar denah lantai 2



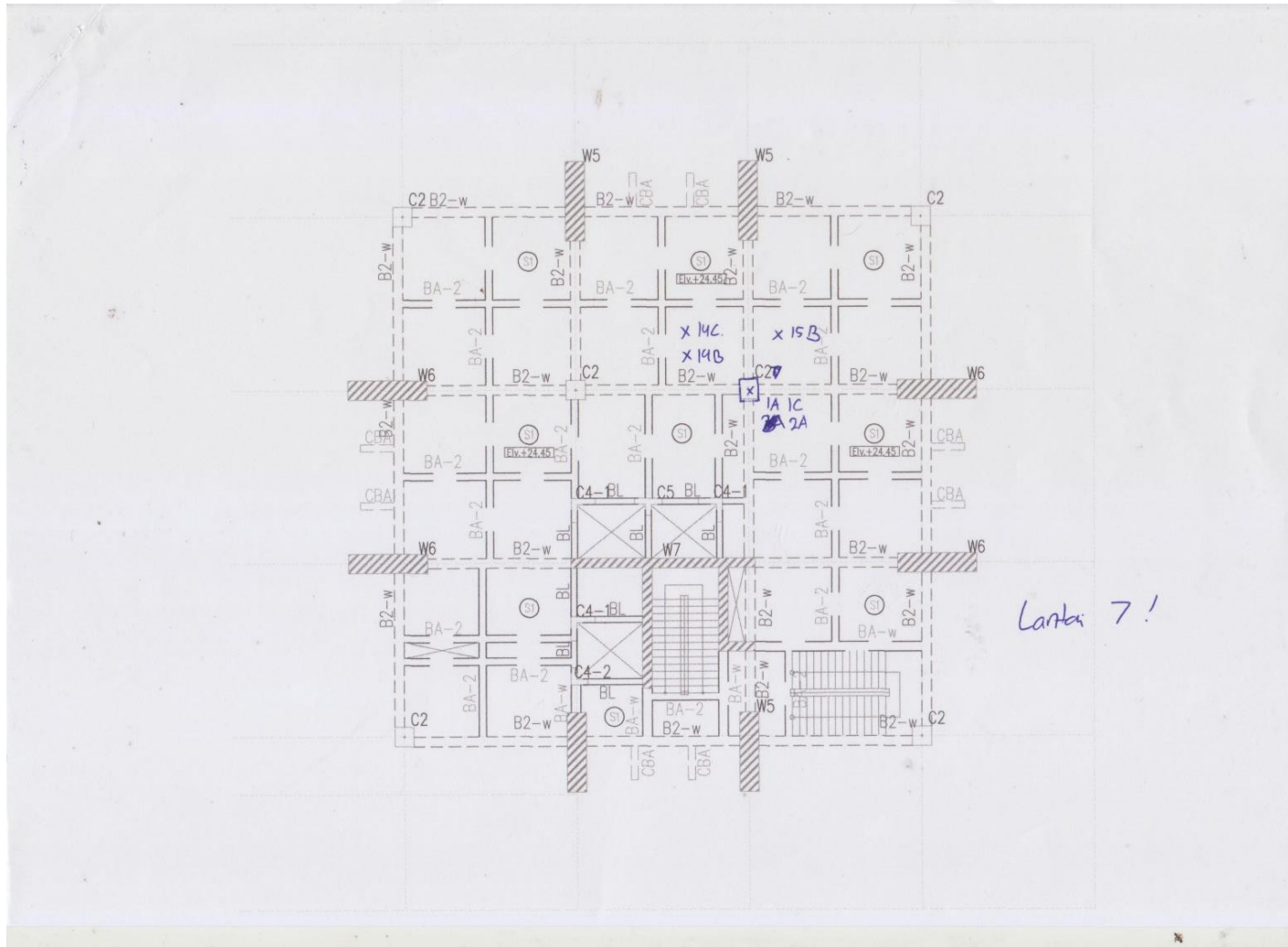
Gambar 7. 38 Gambar denah lantai 3



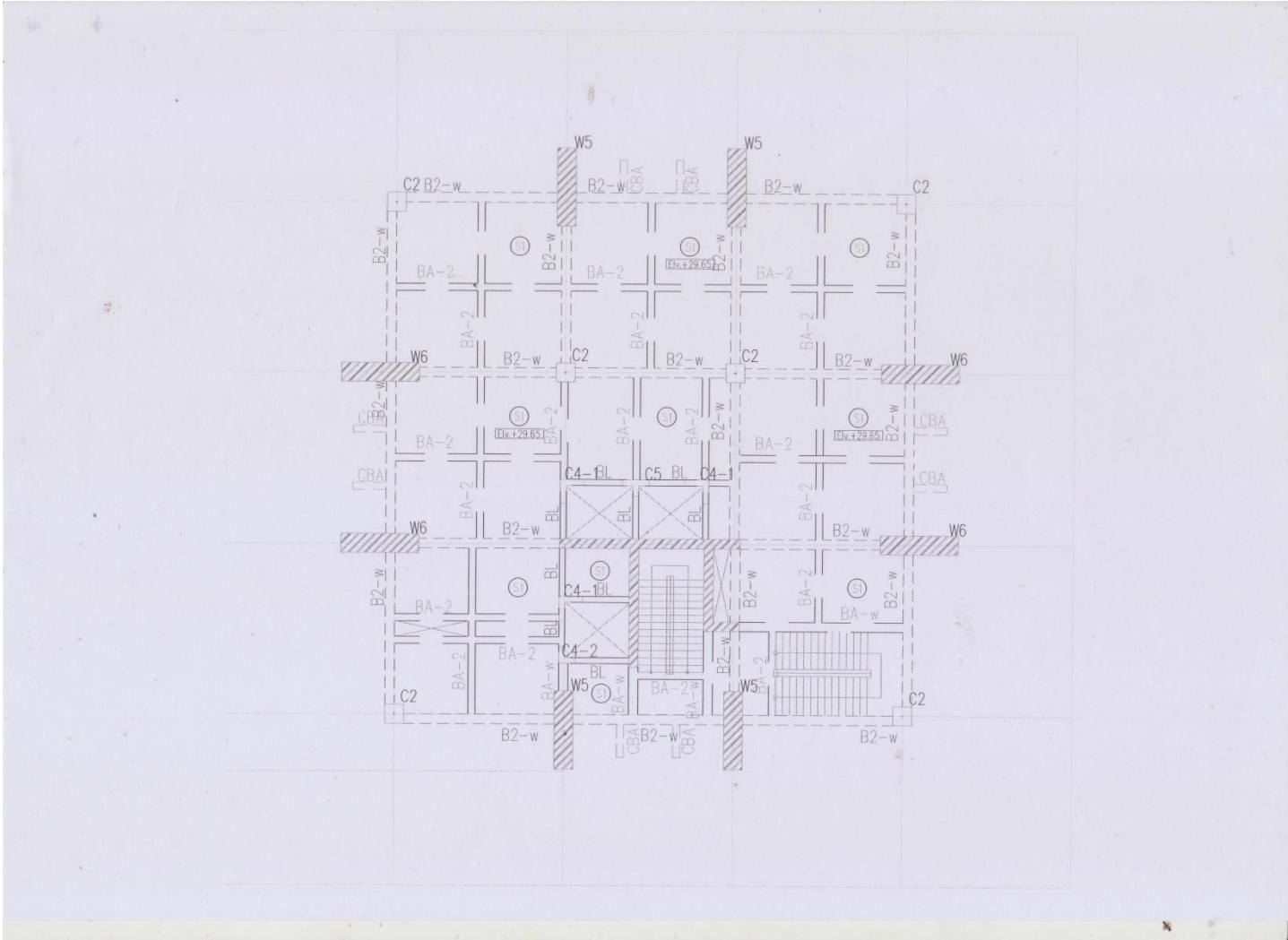
Gambar 7. 39 Gambar denah lantai 4



Gambar 7. 40 Gambar denah lantai 5

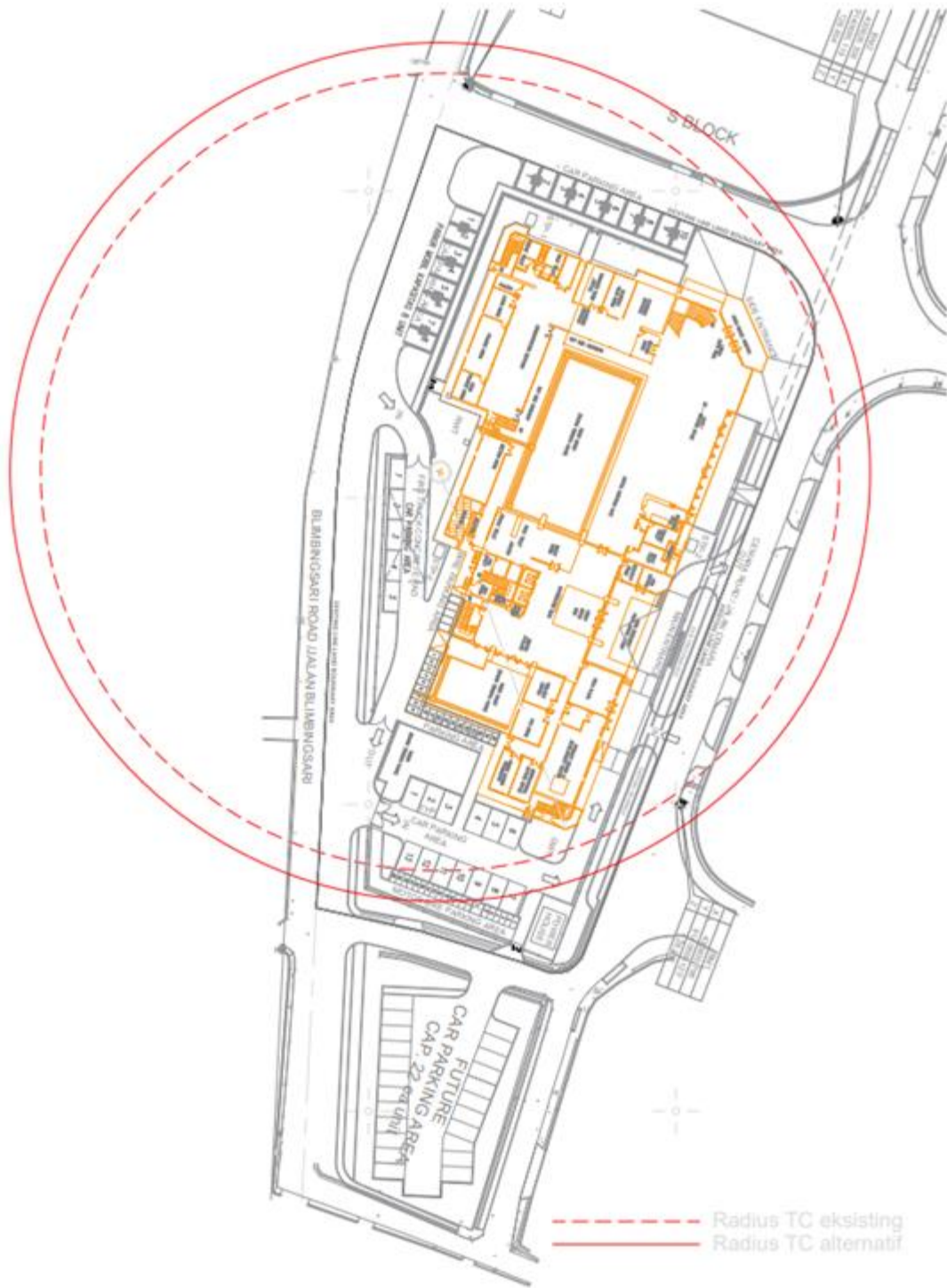


Gambar 7. 42 Gambar denah lantai 7



Gambar 7. 43 Gambar denah lantai 8

Lampiran 16 Radius Tower Crane Alternatif Terhadap Bangunan



Gambar 7. 45 Radius Tower Crane Alternatif Terhadap Bangunan