

**METODE PELAKSANAAN PEMASANGAN DAN PERHITUNGAN
STRUKTUR *TOWER CRANE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN
*LIVING PLAZA MEDAN***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

Disusun Oleh:

**PILIHAN AGUS NDRURU
168110069**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
2023**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 25/5/23

Access From (repository.uma.ac.id)25/5/23

LEMBAR PENGESAHAN

**METODE PELAKSANAAN PEMASANGAN DAN PERHITUNGAN
STRUKTUR *TOWER CRANE* PADA PROYEK PEMBANGUNAN
*LIVING PLAZA MEDAN***

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Dalam
Ujian Sidang Sarjana Teknik Sipil Strata Satu
Universitas Medan Area

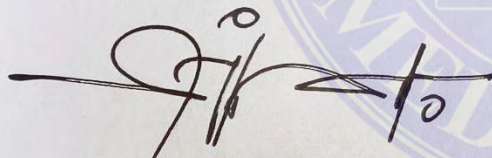
Disusun Oleh

PILIHAN AGUS NDRURU
168110069

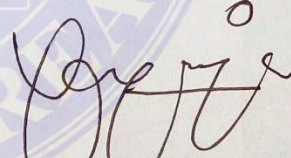
Disetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. Melloukey Ardan, M. T.
NIDN : 0116086001



Dr. Ir. Syafiatun Siregar, S. T., M.T.
NIDN : 0027056904

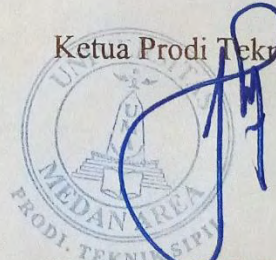
Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Rahmat Syah, S. Kom., M. Kom.
NIDN : 0105058804

Ketua Prodi Teknik Sipil



Hermansyah, S. T., M. T.
NIDN : 0106088004

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/5/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)25/5/23

LEMBAR PERNYATAAN

Saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat mendapatkan gelar sarjana adalah karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku di Universitas Medan Area, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 12 Mei 2023

Penulis



Pilihan Agus Ndruru
NPM 16.811.0069

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai sivitas akademi Universitas Medan Area, saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Pilihan Agus Ndruru
NPM : 168110069
Prrogram Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi/Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalty Non-Eksklusif (*non-exclusiveroyalty-freeright*) atas karya ilmiah saya yang berjudul **“METODE PELAKSANAAN PEMASANGAN DAN PERHITUNGAN STRUKTUR TOWER CRANE PADA PROYEK PEMBANGUNAN LIVING PLAZA MEDAN”**.

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) dengan hak bebas Royalty Non-Eksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk perangkat data (database), merawat dan mempublikasikan Tugas Akhir/Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/penciptas dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Medan, 12 Mei 2023



Pilihan Agus Ndruru
168110069

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan pengetahuan, kekuatan dan kesempatan kepada penulis, sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini yang berjudul, “**Metode Pelaksanaan Pemasangan Dan Perhitungan Struktur Tower Crane Pada Proyek Pembangunan Living Plaza Medan**”. Skripsi ini dapat dikatakan sebagai prasyarat terakhir yang harus dipenuhi untuk memperoleh gelar sarjana Teknik dari Universitas Medan Area.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa tugas akhir ini dapat terselesaikan karena bantuan banyak pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. eng, M.Sc selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Bapak Hermansyah, ST, MT selaku Ketua program studi Teknik Sipil Fakultas Teknik universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Melloukey Ardan, MT selaku Dosen Pembimbing I yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
5. Ibu Dr. Ir. Syafiatun Siregar, MT selaku Dosen Pembimbing II yang juga telah bersedia meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membantu pelaksanaan skripsi ini.
6. Ucapan terima kasih saya yang sebesar-besarnya kepada ibu penulis yang telah banyak memberikan kasih sayang dan dukungan moril maupun materi serta doa yang tiada henti untuk penulis.

7. Terkhusus buat saudara sekandung, adek dan kakak saya tercinta yang juga telah ikut membantu, memberikan motivasi dan doa bagi penulis.
8. Teman-teman seperjuangan khususnya stambuk 2016 Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Medan Area.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa isi maupun teknik penulisannya masih jauh dari kesempurnaan, maka untuk itu penulis mengharapkan kritik maupun saran dari para pembaca yang bersifat positif dan membangun demi menyempurnakan dari penulisan tugas akhir ini.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi penulis dan umumnya para pembaca sekalian.

Medan, 12 Mei 2023

Penulis



Pilihan Agus Ndruru
NPM 168110069

ABSTRAK

Konstruksi bangunan bertingkat memerlukan alat berat untuk menaikkan dan menurunkan serta memindahkan material dari bawah ke atas, yaitu *tower crane*. Pada suatu pekerjaan proyek konstruksi gedung bertingkat penggunaan *tower crane* sangatlah membantu dalam penyelesaian pekerjaan. Setiap penggunaan alat berat seperti *tower crane* memerlukan pelaksanaan pemasangan di tempat yang sudah direncanakan dan dipertimbangkan. Berdasarkan uraian bangunan konstruksi bertingkat tersebut dan spesifikasi alat berat berupa *tower crane* beserta observasi di lapangan akan ditinjau pelaksanaan pemasangan *tower crane* pada proyek bangunan bertingkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui metode pelaksanaan pemasangan *tower crane*, mendapatkan hasil perhitungan struktur komponen-komponen *tower crane* dan memperoleh hasil perhitungan jarak yang diperbolehkan pada lengan *tower crane* pada waktu pengangkatan material serta hasil analisis pada pondasi *tower crane* dalam mengangkat dan memindahkan material. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan survei di lapangan untuk memperoleh data penelitian dan mengambil data dari tim *engineering* proyek untuk dilakukan analisis dan perhitungan secara manual. Hasil dari perhitungan ini meliputi analisis metode pelaksanaan pemasangan *tower crane* menggunakan metode kerja dalam memasang setiap komponen-komponen *tower crane*. Selanjutnya hasil perhitungan pada setiap komponennya dan pondasi *tower crane* baik pada waktu operasional maupun tidak operasional menunjukkan aman untuk digunakan serta hasil analisis pada *jib* diperoleh jarak maksimum untuk mengangkat beban maksimum sebesar 10 ton agar tidak terjadi patah pada lengan *tower crane* yaitu sejauh 17 meter. Serta hasil perhitungan $\Phi M_n = 11882.030817 \text{ kNm} > 2159.751284 \text{ kNm}$. ΦM_n (momen nominal tulangan pile cap D25) $> M_u$ (Momen ultimit *Tower Crane*) aman untuk digunakan. Dengan hasil perhitungan tersebut *tower crane* aman untuk digunakan untuk mengangkat, memindahkan dan menurunkan material bangunan.

Kata Kunci : Komponen *Tower Crane*, Metode Pemasangan, Jarak Maksimum,
Pondasi *Tower Crane*

ABSTRACT

Construction building graded need tool heavy for raise and lower as well as move material from lower to top, that is tower cranes. at one work project construction building graded usage tower cranes really help in settlement job. Every use tool heavy like tower cranes need implementation installation in place planned and considered. Based on description building construction graded these and specifications tool heavy form tower cranes along with field observations will reviewed implementation installation tower crane on the project building storey . Study This aim u nto know the method of implementation of the installation tower crane, get the results of the calculation of the structure of the tower crane components and get the results of the calculation of the distance allowed on the tower crane arm when lifting material and results analysis on the foundation deep tower cranes lifting and moving materials. Method used in study This is do field survey for obtain research data and retrieve data from team project engineering for done analysis and calculation manually. Result of calculation this covers analysis method implementation installation tower cranes use method work in pair every components tower cranes. Furthernmore results calculations on each components and foundation tower cranes good on time operational nor No operational show safe for used as well as results analysis on jib obtained distance maximum For lift burden maximum as big 10 tons in order not happen broken arm _ tower cranes that is as far as 17 meters. As well as results calculation $\Phi M_n = 11882.030817 \text{ kNm} > 2159.751284 \text{ kNm}$. ΦM_n (nominal moment of pile cap reinforcement D25) $> M_u$ (Ultimate moment Tower Crane) is safe for used. With results calculation the tower cranes safe for used for lifting, moving and unloading building materials.

Keywords: *Tower Crane Components, Installation Method, Maximum Distance, Tower Crane Foundation*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN

LEMBAR PERNYATAAN

KATA PENGANTAR i

ABSTRAK iii

ABSTRACT iv

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL ix

DAFTAR NOTASI xi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian 2

1.3 Rumusan Masalah 3

1.4 Batasan Masalah 4

1.5 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Penelitian Terdahulu 5

2.2 Uraian Umum *Tower Crane* 7

2.3 Struktur Komponen *Tower Crane* 9

2.3.1 Dasar *Tower Crane* 9

2.3.2 Tiang *Crane (Mast crane)* 9

2.3.3 Lengan *Crane (Boom/Jib)* dan *Counter Jib* 13

2.3.4 Bobot Imbang (*Counter weight*) 15

| | | |
|---|--|-----------|
| 2.3.5 | Kabin Operator (<i>Joint pint</i>) | 16 |
| 2.3.6 | Unit Berputar (<i>Slewing Unit</i>) | 16 |
| 2.3.7 | <i>Hook, Trolley dan Pulley</i> | 18 |
| 2.3.8 | Drum Penggulung (<i>Hoist</i>) dan Tali Baja..... | 26 |
| 2.3.9 | Motor Penggerak | 36 |
| 2.3.10 | Sistem Rem | 38 |
| 2.3.11 | Sistem Transmisi..... | 41 |
| 2.3.12 | <i>Top Tower</i> | 42 |
| 2.4 | Jenis-Jenis <i>Tower Crane</i> | 43 |
| 2.4.1 | <i>Free Standing Crane</i> | 43 |
| 2.4.2 | <i>Rail Mounted Crane</i> | 44 |
| 2.4.3 | <i>Tied-in Tower Crane</i> | 44 |
| 2.4.4 | <i>Climbing Crane</i> | 45 |
| 2.5 | Kriteria Pemilihan <i>Tower Crane</i> | 45 |
| 2.6 | Pemilihan Kapasitas dan Jangkauan <i>Tower Crane</i> | 46 |
| 2.7 | Cara Kerja <i>Tower Crane</i> | 50 |
| 2.8 | Pondasi..... | 50 |
| 2.9 | Jenis-Jenis Pondasi | 51 |
| 2.9.1 | Pondasi Tiang Pancang | 52 |
| 2.9.2 | Pondasi Tiang Bor..... | 55 |
| 2.10 | Metode Pelaksanaan Pemasangan <i>tower crane</i> | 57 |
| BAB III METODELOGI PENELITIAN..... | | 60 |
| 3.1 | Tinjauan Umum | 60 |
| 3.2 | Tempat dan Waktu Penelitian | 60 |

| | | |
|---------------|--|------------|
| 3.1.1 | Data Lokasi dan Fungsi Bangunan | 60 |
| 3.1.2 | Peta Lokasi..... | 61 |
| 3.3 | Peralatan Penelitian..... | 61 |
| 3.4 | Metode Penelitian..... | 62 |
| 3.5 | Pengumpulan Data | 62 |
| 3.6 | Pengolahan Data..... | 63 |
| 3.7 | Bagan Alir | 64 |
| BAB IV | HASIL DAN PEMBAHASAN | 65 |
| 4.1 | Hasil Analisa Data Penelitian | 65 |
| 4.1.1 | Data Masukan | 65 |
| 4.1.2 | Perhitungan Struktur Komponen <i>Tower crane</i> | 66 |
| 4.1.3 | Sistem Rem Untuk Mekanisme Pengangkat | 74 |
| 4.1.4 | Perhitungan Mekanisme <i>Trolley</i> | 75 |
| 4.1.5 | Perhitungan Mekanisme <i>Slewing</i> | 79 |
| 4.1.6 | Perhitungan Struktur Konstruksi <i>Boom</i> | 80 |
| 4.1.7 | Perhitungan Struktur Pondasi <i>Tower Crane</i> | 84 |
| 4.2 | Pembahasan Penelitian..... | 96 |
| BAB V | KESIMPULAN DAN SARAN | 98 |
| 5.1 | Kesimpulan | 98 |
| 5.2 | Saran..... | 99 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 100 |
| | LAMPIRAN | |

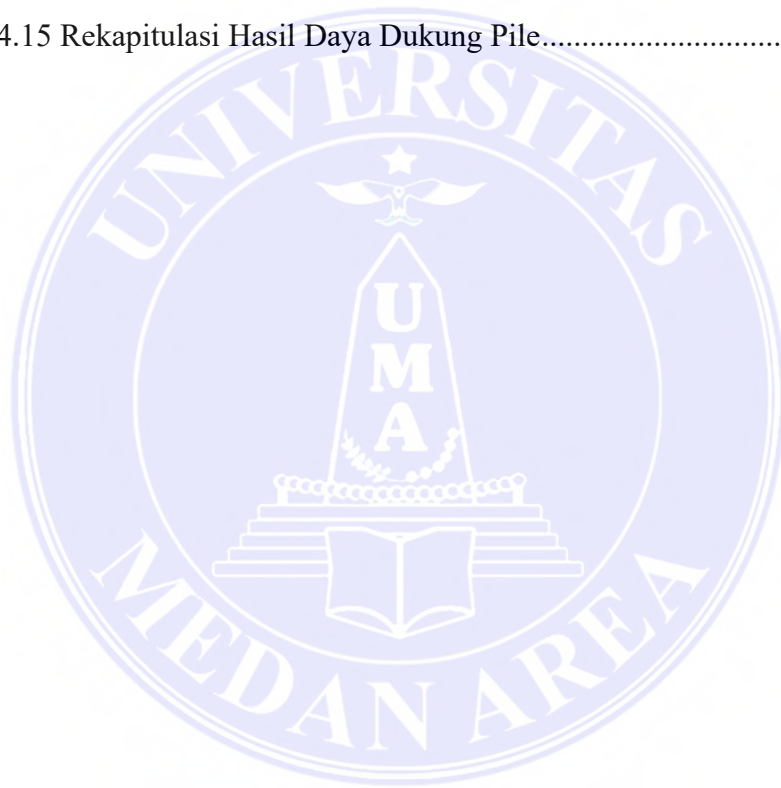
DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 <i>Top Climbing Unit</i> | 10 |
| Gambar 2.2 <i>Bottom Climbing Unit</i> | 11 |
| Gambar 2.3 <i>Bolt and Pin</i> | 12 |
| Gambar 2.4 <i>Tie-in</i> | 13 |
| Gambar 2.5 Konstruksi <i>jib</i> | 13 |
| Gambar 2.6 <i>Slewing Unit</i> | 16 |
| Gambar 2.7 <i>Hook</i> | 19 |
| Gambar 2.8 <i>Rope Sheave</i> | 21 |
| Gambar 2.9 Konstruksi Puli | 22 |
| Gambar 2.10 Tabel Roda Puli Tali untuk Tali Kawat Baja..... | 24 |
| Gambar 2.11 Tabel Dimensi Alur Drum..... | 28 |
| Gambar 2.12 <i>Tower Top</i> | 42 |
| Gambar 2.13 <i>Pendant Bars</i> | 43 |
| Gambar 3.1 Denah Lokasi Proyek Pembangunan <i>Living Plaza Medan</i> | 61 |
| Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian | 64 |
| Gambar 4.2 Penampang Kait | 69 |
| Gambar 4.3 Pembebanan Pada <i>Boom</i> | 81 |
| Gambar 4.5 Pembebanan <i>Tower Crane</i> | 84 |
| Gambar 4.5 Kondisi 1 dan 2 Daya Dukung Pondasi | 87 |
| Gambar 4.5 Kondisi 3 dan 4 Daya Dukung pondasu..... | 89 |
| Gambar 4.5 Cek Kekuatan Geser..... | 91 |
| Gambar 4.5 Perhitungan Tulangan Pondasi..... | 95 |

DAFTAR TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabel 2.1 | Klasifikasi dari <i>Tower Crane</i> | 15 |
| Tabel 2.2 | Dimensi Puli..... | 23 |
| Tabel 2.3 | Tekanan Bidang yang Diizinkan | 24 |
| Tabel 2.4 | Roda Puli Tali untuk Tali Kawat Baja | 24 |
| Tabel 2.5 | Dimensi Alur Drum..... | 28 |
| Tabel 2.6 | Tali untuk <i>Crane</i> dan Pengangkat..... | 29 |
| Tabel 2.7 | Perbandingan Diameter Puli Dan Diamater Tali Baja Terhadap Lengkungan | 30 |
| Tabel 2.8 | Efesiensi Puli..... | 33 |
| Tabel 2.9 | Harga Minumum Faktor K dan e_1 yang Diijinkan..... | 34 |
| Tabel 2.10 | Harga Faktor e_2 yang Tergantung pada Konstruksi Tali..... | 35 |
| Tabel 2.11 | Kapasitas Angkat (lb) untuk 200 ton <i>Crawler</i> | 46 |
| Tabel 2.12 | Kapasitas Angkat (lb) untuk 25 ton <i>Truck Crane</i> | 47 |
| Tabel 2.13 | Kapasitas Angkat <i>Tower Crane</i> (lb) | 48 |
| Tabel 2.14 | Berat <i>Counterweight</i> (lb) | 49 |
| Tabel 4.1 | Hasil Perhitungan Tali Baja | 66 |
| Tabel 4.2 | Hasil Perhitungan Puli Dan Drum | 68 |
| Tabel 4.3 | Hasil Perhitungan Kait..... | 70 |
| Tabel 4.4 | Hasil Perhitungan Motor Penggerak..... | 71 |
| Tabel 4.5 | Hasil Perhitungan Kekuatan Roda Gigi Transmisi Mekanisme Pengangkat | 73 |
| Tabel 4.6 | Hasil Perhitungan Sistem Rem Untuk Mekanisme Pangangkat | 74 |
| Tabel 4.7 | Hasil Perhitungan Roda Jalan Pada mekanisme <i>Trolley</i> | 75 |

| | |
|--|----|
| Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Tali Baja Pada Mekanisme <i>Trolley</i> | 76 |
| Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Drum Pada Mekanisme <i>Trolley</i> | 76 |
| Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Motor Penggerak Pada Mekanisme <i>Trolley</i> | 77 |
| Tabel 4.11 Hasil Perhitungan Sistem Rem Pada Mekanisme <i>Trolley</i> | 78 |
| Tabel 4.12 Jarak Titik Pondasi Kondisi 1 dan 2 ke TC | 87 |
| Tabel 4.13 Jarak Titik Pondasi Kondisi 3 dan 4 ke TC | 89 |
| Tabel 4.14 Rekapitulasi Hasil Daya Dukung Pile..... | 91 |
| Tabel 4.15 Rekapitulasi Hasil Daya Dukung Pile..... | 91 |



DAFTAR NOTASI

| Notasi | Keterangan | Satuan |
|-----------|---|--------------------|
| Q | Kapasitas angkat | kg |
| q | Berat spreader (rumah kait) | kg |
| S | Tegangan tarik tali baja | kg |
| η | Efisiensi | |
| P | Kekuatan putus tali sebenarnya | kg |
| K | Faktor keamanan | |
| P_b | Beban patah | kg |
| σ | Tegangan | kg/mm ² |
| d | Diameter | mm |
| D_{min} | Diameter minimum puli dan drum | mm |
| F_{222} | Luas penampang tali baja | mm ² |
| m | Jumlah lengkungan berulang | |
| C | Faktor karakteristik konstruksitali dan kekuatan tarik bahan | |
| z_1 | Jumlah lengkungan berulang yang diizinkan | |
| z_2 | Jumlah lengkungan berulang persiklus kerja | |
| α | Jumlah siklus rata-rata perbulan | |
| β | Faktor perubahan daya tali l | |
| φ | Perbandingan jumlah lengkungan dan jumlah putus tali | |
| e_l | Faktor yang tergantung pada tipe alat pengangkat dan kondisi operasinya | |

| | | |
|----------|---|--------------------|
| e_2 | Faktor yang tergantung pada konstruksi tali | |
| p | Tekanan bidang pada gandar roda puli | kg/cm ² |
| z | Jumlah lilitan | |
| H | Tinggi | m |
| L | Panjang | mm |
| v | Kecepatan keliling | m/s |
| ω | Tebal dinding drum | mm |
| t | Kisar Ulir | mm |
| A | Luas penampang | mm ² |
| v | Kecepatan | m/s |
| N | Daya | Hp |
| M | Momen | kg.m |
| n | Putaran | rpm |
| GD^2 | Momen girasi | kg/cm ² |
| g | Gravitasi | m/s ² |
| t | Waktu | s |
| α | Sudut tekan roda gigi | |
| m | Modul | mm |
| z | Jumlah gigi | buah |
| b | Lebar gigi | mm |
| i | Perbandingan | |
| a | Jarak Sumbu Poros | mm |
| h_k | Tinggi Kepala Gigi | mm |
| h_f | Tinggi Kaki Gigi | mm |

| | | |
|-------|-----------------------------------|-------------------|
| c_k | Kelonggaran Puncak | mm |
| t | Jarak bagi lingkaran | mm |
| S_o | Tebal gigi | mm |
| F_t | Gaya Tangensial | kg |
| A | Luas permukaan | mm ² |
| D_w | Diameter roda trolley | mm |
| W | Tahanan | kg |
| G_o | Berat trolley | kg |
| μ | Koefisien gesek | |
| f | Defleksi tali baja yang diizinkan | mm |
| q_r | Berat tali baja | kg |
| S | Luas bidang | m ² |
| P_w | Tekanan angin | kg/m ² |
| T | Gaya rem keliling total | kg |
| N | Tekanan normal | kg |
| A_f | Luas permukaan kontak | cm ² |
| W | Berat | kg |
| E | Modulus Elastisitas | kg/m ² |
| F | Gaya | kg |
| r | Jari-jari/radius | mm |
| I | Momen inersia | m |

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan proyek pembangunan gedung bertingkat di Indonesia sangatlah berkembang, demikian juga di Kota Medan. Kawasan ini memiliki potensi yang tinggi dimana terdapat aktivitas sekolah maupun perguruan tinggi. Oleh karena itu kawasan Medan menjadi salah satu daya tarik bagi investor untuk menanamkan modalnya. Salah satunya di bidang konstruksi bangunan bertingkat. Dalam pelaksanaan proyek konstruksi bangunan bertingkat, pekerjaan konstruksi perlu perencanaan yang tepat dan cermat, seperti penyediaan alat, sumber daya manusia dan peralatan penunjang konstruksi. Peralatan penunjang konstruksi yang dimaksud adalah alat berat dan bagian-bagiannya. Penggunaan alat berat yang optimal berdampak pada terlaksananya pekerjaan konstruksi yang efisien dan efektif.

Konstruksi bangunan bertingkat memerlukan alat yang tidak ringan untuk menaikkan atau memindahkan material dari bawah ke atas. Sebagai solusinya untuk memindahkan material diperlukan alat berat. Menurut Abdelmegid, 2015 dalam proyek konstruksi pembangunan gedung, salah satu alat yang sangat dibutuhkan adalah *tower crane*. Kebutuhan *tower crane* pada pembangunan gedung dipengaruhi oleh faktor kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian tidak terjangkau oleh alat lain, serta perpindahan alat tidak perlu. *Tower crane* digunakan untuk mengangkut dan memindahkan material dari satu tempat ke tempat yang lain secara vertikal dan horizontal. *Tower crane* digunakan karena dapat disesuaikan dengan tinggi bangunan dan juga memiliki jangkauan yang luas. Penempatan *tower*

crane harus tepat karena berhubungan langsung dengan fasilitas dan sarana yang ada di lokasi proyek.

Pembangunan proyek gedung bertingkat *Living Plaza Medan* merupakan proyek dari Kontraktor PT. Tamoratama Prakarsa, Tbk. Bangunan ini didesain berdasarkan ide sebuah pusat perbelanjaan dengan konstruksi bangunan bertingkat terdapat enam lantai dan tiga lantai di basement dengan kedalaman galian enam meter. Pada suatu pekerjaan proyek konstruksi gedung bertingkat penggunaan *tower crane* sangatlah membantu dalam penyelesaian pekerjaan. Setiap penggunaan alat berat seperti *tower crane* memerlukan pelaksanaan pemasangan di tempat yang sudah direncanakan dan dipertimbangkan. Dalam pemasangan *tower crane* tersebut membutuhkan metode kerja untuk menghubungkan setiap bagian *tower crane* sehingga siap untuk digunakan dan beroperasi dengan baik.

Berdasarkan uraian konstruksi bertingkat tersebut dan spesifikasi alat berat berupa *tower crane* beserta observasi di lapangan akan ditinjau pelaksanaan pemasangan *tower crane*, penulis menjadi tertarik meneliti tentang Metode Pelaksanaan Pemasangan dan Perhitungan Struktur *Tower crane* Pada Proyek Pembangunan *Living Plaza Medan*.

1.2 Maksud dan Tujuan Penelitian

1.2.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis metode yang digunakan dalam pelaksanaan pemasangan *tower crane*, melakukan perhitungan struktur komponen-komponen utama terhadap keamanan dari *tower crane* dan perhitungan jarak maksimum yang diperbolehkan pada lengan/*boom tower crane* pada waktu pengangkatan serta perhitungan struktur pondasi *tower crane*.

1.2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian antara lain untuk mengetahui metode pelaksanaan pemasangan *tower crane* dan mendapatkan hasil perhitungan struktur komponen-komponen utama dari *tower crane* dan memperoleh hasil perhitungan jarak maksimum yang diperbolehkan pada lengan *tower crane* pada waktu pengangkatan beban maksimum serta memperoleh hasil perhitungan pondasi *tower crane* dalam mengangkat dan memindahkan material.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat diambil suatu perumusan masalah yang akan dibahas yakni:

- a. Bagaimana metode yang digunakan dalam pelaksanaan pemasangan *tower crane* pada proyek pembangunan *living plaza* Medan?
- b. Bagaimana perhitungan struktur komponen-komponen utama pada *tower crane* terhadap keamanan?
- c. Bagaimana melakukan perhitungan jarak maksimum pada lengan/*boom tower crane*?
- d. Setelah melakukan perhitungan struktur pondasi *tower crane* dalam mengangkat dan memindahkan material, apakah aman untuk digunakan?

1.4 Batasan Masalah

Mengingat adanya keterbatasan waktu kepada penulis, adapun ruang lingkup yang dibahas dalam tugas akhir ini, antara lain :

- a. Salah satu alat berat pada gedung *Living Plaza* Medan yang ditinjau adalah pelaksanaan pemasangan *tower crane*.

- b. Perhitungan struktur komponen-komponen utama pada *tower crane* hanya membahas pada tali baja, puli, drum, kait, motor penggerak, dan rem serta perhitungan jarak maksimum pada lengan/*boom tower crane* untuk mengangkat beban maksimum.
- c. Menganalisis perhitungan pondasi struktur *tower crane*.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah keuntungan yang diharapkan yang diperoleh dari penelitian ini:

- a. Sebagai sumber atau pengetahuan bagi penulis yang dapat diterapkan pada pekerjaan yang berhubungan dengan ilmu alat berat terutama *tower crane*.
- b. Sebagai bahan referensi bagi peneliti untuk mengembangkan metode dalam pemasangan dan perhitungan struktur *tower crane* yang dilakukan secara manual.
- c. Diharapkan pemerintah daerah akan menggunakan temuan studi sebagai referensi dalam penelitian alat berat seperti *tower crane*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Tedahulu

Berdasarkan penelitian terdahulu yang telah dilakukan, penulis menggunakan penelitian penulis sebelumnya sebagai acuan saat melakukan penelitian sehingga penulis dapat mereplikasi teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang telah dilakukan itu sebanding dengan judul penelitian penulis. Namun, penulis menawarkan sejumlah penelitian sebagai alternatif untuk memperluas alat analisis yang digunakan dalam penelitian mereka.

Berikut ini adalah penelitian sebelumnya yang telah dipublikasikan di sejumlah jurnal terkait.

a. Hasil Penelitian Dodi Abrar dan Syafri

Penelitian yang berjudul “Analisis Kapasitas Angkat Dan Gaya-Gaya Yang Bekerja Pada Lengan *Tower Crane* Jaso Tipe J240” dilakukan pada tahun 2018 oleh Dodi Abrar dan Syafri. Tujuan dari penelitian ini adalah analisis statik secara manual yang dilakukan terhadap lengan dari *tower crane* dengan pembebanan 9000 kg dan menggunakan software inventor.

Kesimpulan pada temuan penelitian ini adalah bahwa analisis pembebanan yang dilakukan pada lengan *tower crane* secara manual menghasilkan tegangan yang bekerja sebesar 52,7 Mpa dan 54,93 Mpa sedangkan pada analisis pembebanan menggunakan *software inventor* bahwa analisis tingkat keamanan yang dilakukan pada lengan *tower crane* menghasilkan *factor of safety* sebesar 6,54 pada perhitungan secara manual dan 6,28 menggunakan *software inventor*.

b. Hasil penelitian Sarah Ega Agustin dan I Nyoman Sutantra

Penelitian yang berjudul “Analisis Struktur dan *Redesign Tower Crane* Potain MD 900” dilakukan pada tahun 2018 oleh Sarah Ega Agustin dan I Nyoman Sutantra. Tujuan dari penelitian ini adalah *tower crane* potain MD 900 akan dibuat dalam permodelan 3 dimensi. Permodelan tersebut kemudian dianalisis kekuatannya menggunakan *software* berbasis metode elemen hingga.

Temuan penelitian ini meliputi bahwa dari hasil simulasi yang dilakukan, dapat dikatakan bahwa secara struktur *jib tower crane* hasil *redesign* lebih baik daripada desain saat ini. Hal ini ditunjukkan dengan tegangan yang terjadi baik maksimum dan minimum pada *jib tower crane* dengan desain baru lebih kecil nilainya dibandingkan dengan desain saat ini. Berdasarkan analisa beban secara dinamis, *jib tower crane* dengan desain baru dapat dikatakan aman, sedangkan *jib tower crane* dengan desain saat ini dapat dikatakan gagal.

c. Hasil Penelitian Azdi Albar, Putu Mahayana Santika dan Achmad Zaki Rahman

Penelitian yang berjudul “Perancangan *Tower Crane* Dengan Tiang Menara Teleskopis Tenaga Hidrolik Kapasitas Angkat 8 Ton” dilakukan pada tahun 2018 oleh Azdi Albar, Putu Mahayana Santika dan Achmad Zaki Rahman. Pada penelitian ini perancangan dilakukan dengan 2 metode, yaitu metode perhitungan secara manual dan metode simulasi menggunakan *software* ANSYS 14.0 serta dan untuk gambar desain menggunakan *software* solidworks 2014.

Kesimpulan berdasarkan hasil penelitian ini meliputi pehitungan dan gambar desain, serta rancangan yang aman dioperasikan pada beban perencanaan.

2.2 Uraian Umum *Tower crane*

Tower crane atau kran menara merupakan salah satu pesawat angkat yang digunakan untuk mengangkat alat secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak yang terbatas. Bila dijabarkan lebih lanjut, fungsinya lebih dekat terhadap alat mobilisasi vertikal-horisontal yang amat sangat membantu didalam pelaksanaan pekerjaan struktur. Menurut Rostiyanti, 2002 *tower crane* merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengangkat alat secara vertikal dan horizontal ke suatu tempat yang tinggi pada ruang gerak terbatas. Disebut *Tower* karena memiliki rangka vertikal dengan bentuk standar dan ditancapkan pada perletakan yang tetap.

Tower crane mempunyai banyak variasi baik dalam jenis, kapasitas, cara pengoperasian, frekuensi penggunaan dan harga. Secara umum *tower crane* hanya menahan beban yang diangkat, tetapi rangka-rangka *tower crane* serta pondasi juga harus dirancang untuk menerima beban akibat lingkungan kerja sekitar seperti angin dan temperatur yang tinggi. Fungsi utama dari *tower crane* adalah mendistribusikan alat dan peralatan yang yang dibutuhkan oleh proyek baik dalam arah vertikal maupun horizontal. *Tower crane* memiliki fungsi untuk mengangkat alat atau bahan konstruksi suatu bangunan, seperti beton, baja, dan generator, dari bawah menuju ke atas (*hoisting mechanism*) sampai batas maksimum ketinggian *tower crane* tersebut. Selain mengangkat dari bawah menuju ke atas, *tower crane* juga mampu memindahkan alat secara horizontal (*trolleying*) sesuai dengan

panjang *jib* (*working arm*) dan memiliki *slewing unit* yang memungkinkan *crane* untuk berputar 360°. Dengan menggunakan *tower crane*, maka pekerjaan akan lebih cepat dan mudah dibanding menggunakan sistem konvensional.

Di dalam proyek konstruksi bangunan bertingkat, *tower crane* sangat cocok dipakai untuk pelayanan bangunan bertingkat (*high rise building*) untuk melayani daerah konstruksi sesuai luas lahan. *Tower crane* menjadi sentral atau alat yang paling utama karena dalam proyek gedung bertingkat *tower crane* digunakan untuk mengangkat muatan secara horizontal maupun vertikal, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang ditentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan pejalan (*travelling*). Pada proyek bangunan bertingkat *tower crane* pada umumnya digunakan untuk pekerjaan pengangkatan tulangan, pekerjaan pengecoran, pengangkatan bekisting, pengangkatan dinding precast, pasir, batu bata, atap rangka baja, unit-unit elektrikal dan mekanikal. Banyaknya pekerjaan yang dapat dilakukan *tower crane* maka dibutuhkan perhitungan yang dapat menghitung efektivitas penggunaan *tower crane*. Pada saat pemilihan *tower crane* sebagai alat pengangkat yang akan digunakan, beberapa pertimbangan perlu diperhatikan, yaitu kondisi lapangan tidak luas, ketinggian tidak terjangkau oleh alat lain dan pergerakan latta tidak perlu.

Pertimbangan ini harus direncanakan sebelum proyek dimulai karena *tower crane* diletakkan ditempat yang tetap selama proyek berlangsung, *tower crane* harus dapat memenuhi kebutuhan pemindahan alat sesuai dengan daya jangkauan yang ditetapkan serta pada saat proyek telah selesai pembongkaran *crane* harus dapat dilakukan dengan mudah. Sedangkan pemilihan kapasitas *tower crane* berdasarkan berat, dimensi, dan daya jangkauan pada beban terberat, ketinggian

maksimum alat, perakitan alat diproyek, berat alat yang harus ditahan oleh strukturnya, ruang yang tersedia untuk alat, luas area yang harus dijangkau alat dan kecepatan alat untuk memindahkan alat.

2.3 Struktur Komponen *Tower crane*

2.3.1 Dasar *Tower crane*

Dasar atau disebut base *tower crane* dipasang pada pondasi beton yang besar dan kuat. Pondasi inilah yang akan menopang *tower crane* dan beban yang bekerja padanya. *Base* ini merupakan bagian terpenting pada konstruksi *tower crane* sendiri, karena pada bagian ini yang menopang berdirinya *tower crane* sehingga dapat berdiri dengan kokoh. Sehingga dasar penopang tersebut diberikan pondasi beton cor yang besar dan kuat. Besar ukuran pondasi tergantung ketinggian *tower crane* nantinya. Daya dukung tanah seyogianya minimum berkekuatan 2.000 kg/cm². Pada umumnya kalau kita ragu berapa daya dukung tanah dimana *tower crane* berdiri, pondasi diperkuat dengan tiang pancang atau *bored pile* dibawahnya. Untuk *tower crane travelling*, berat ballast harus juga mengikuti ketinggian *tower crane*, semakin tinggi *tower crane* semakin berat ballastnya, sedangkan untuk kestabilan *tower crane travelling* dipasang *concrete ballast*.

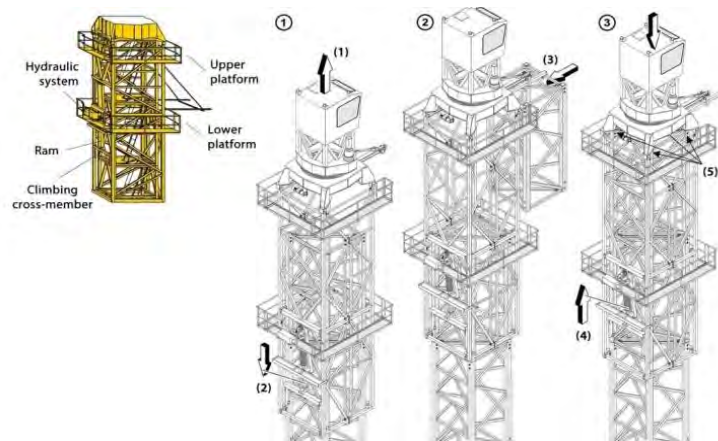
2.3.2 Tiang *Crane (Mast Crane)*

Mast merupakan tiang vertikal yang berdiri di atas *base* atau dasar. Dalam sebuah *tower crane* terdiri dari beberapa mast yang disusun secara vertikal ke atas. Penyusunan banyaknya mast tergantung dari kebutuhan ketinggian. Selain itu, kecepatan angin juga mempengaruhi banyaknya mast yang diperbolehkan pada suatu *tower crane*. Semakin cepat kecepatan angin pada suatu daerah, maka jumlah

mast tidak boleh terlalu banyak sehingga *tower crane* tidak terlalu tinggi. bagian ini adalah kerangka yang menyusun berdirinya *tower crane*. Sehingga penyusunan kerangka ini juga harus menentukan faktor angin, sehingga semakin banyak angin maka *mast* tidak boleh terlalu tinggi. Selain memberikan ketinggian tiang *crane* ini berfungsi sebagai penopang dari *boom*, *counter weight*, dan *slewing unit* dan juga sebagai tempat dudukan untuk unit tangga (*climbing unit*). Pada tiang *tower crane* ada beberapa komponen penyusun diantaranya adalah sabuk pengaman yang dinamakan dengan *anchorage frame* atau *collar frame*. Apabila ukuran ketinggian dari *crane* sudah melebihi batas yang telah ditentukan oleh produsen atau pabrik pembuatnya, sabuk pengaman atau tie beam harus segera dikaitkan pada kolom bangunan. Pada tiang *crane* ada beberapa unit penyusunannya dan berikut ini adalah unit penyusunan tiang *crane* (*mast*).

a. Unit Pendakian Atas (*Top Climbing Unit*)

Unit pendakian atas adalah bagian penting dari derek menara manapun. Bagian khusus ini memungkinkan bagian menara *crane* disisipkan dan dihubungkan ke menara. Soket hidrolik yang besar kemudian mengangkat *Unit Slewing*, *Jib*, dan *Counterjib* satu bagian menara yang lebih tinggi. Bagian lain kemudian bisa dimasukkan. Unit pendakian paling atas lebih umum daripada unit pendakian bawah, unit ini menambahkan bagian menara ke yang sama namun menaikkan keseluruhan derek, mereposisinya pada titik yang lebih tinggi di dalam gedung menara *crane*, unit pendakian bawah membuat menara pada ketinggian.

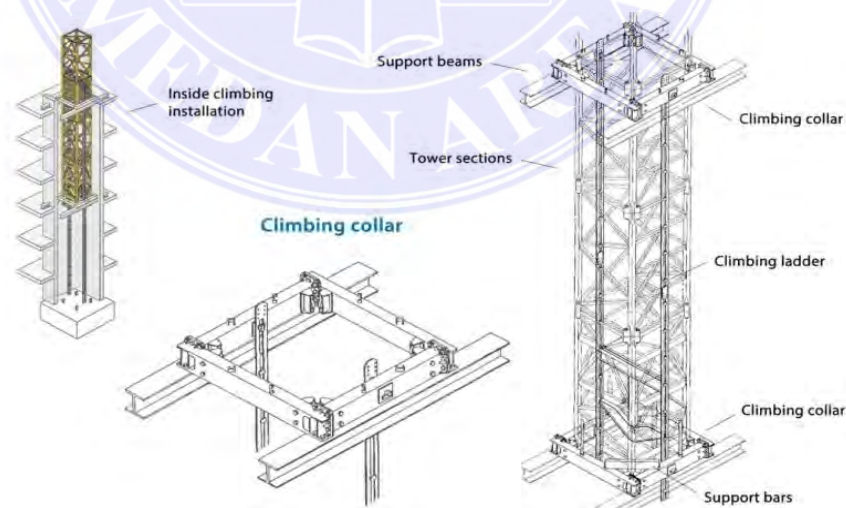


Gambar 2.1 *Top Climbing Unit*

Sumber: Academia.Edu, 2020

b. Unit Pendakian Bawah (*Bottom Climbing Unit*)

Pendakian di dalam gedung dimungkinkan oleh unit pendakian bawah. *Climbing collars* digunakan dengan *power pack* hidrolik untuk mengangkat bagian menara ke atas. Dereknnya meninggalkan fondasinya di tanah, dan sepenuhnya didukung oleh struktur bangunan yang sedang dibangunnya. Ini membuat tingkat bangunan yang lebih rendah kosong untuk pekerjaan akhir, dan terkadang hunian sebelum bangunan selesai.

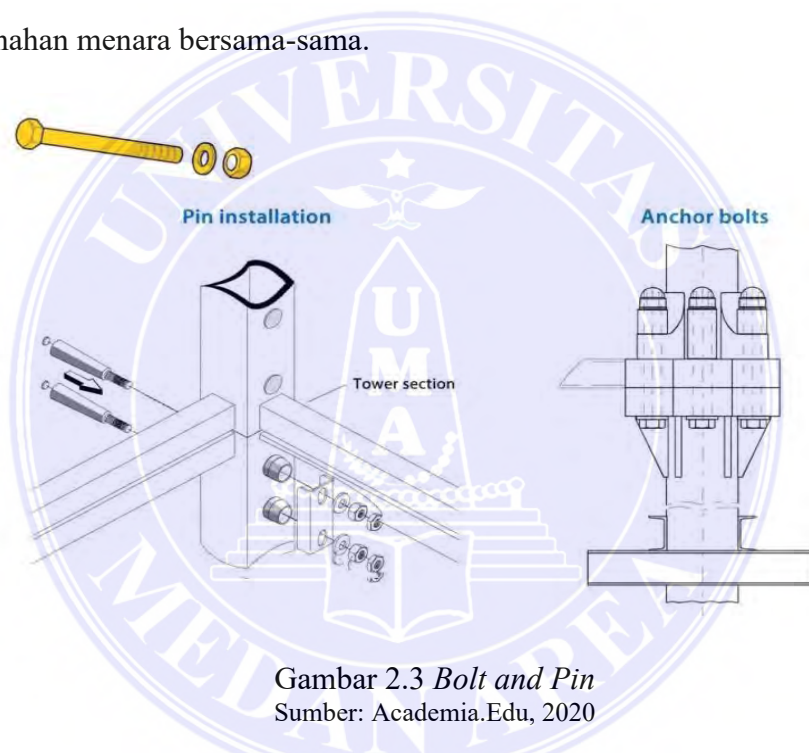


Gambar 2.2 *Bottom Climbing Unit*

Sumber: Academia.Edu, 2020

c. Baut dan Pin (*Bolt and Pin*)

Sambungan yang aman adalah komponen penting dari setiap derek menara dan koneksi tersebut hanya seaman baut dan pin yang digunakan pada derek. Baut jangkar harus memiliki kekuatan tarik tinggi dan pin dan baut lainnya harus diulang secara rutin sesuai spesifikasi pabrik. Inspeksi koneksi ini dilakukan pada jadwal rutin. Perhatikan bagaimana baut yang dipegangnya telah bergerak dan memaksa bautnya menekuk, ingatlah bahwa baut tersebut menahan menara bersama-sama.

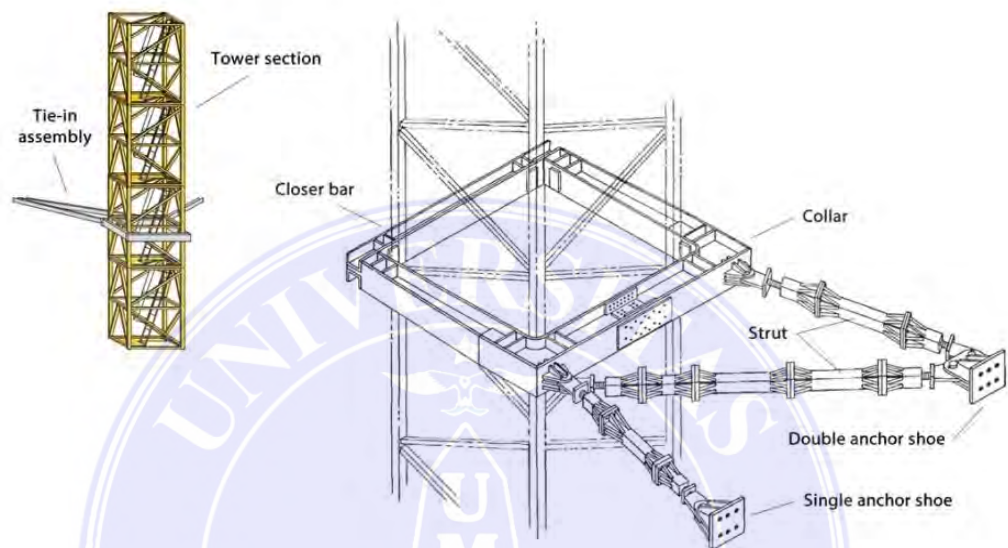


Gambar 2.3 *Bolt and Pin*
Sumber: Academia.Edu, 2020

d. Sabuk Pengaman (*Collar Frame* atau *Anchor Frame*)

Setelah *tower crane* melampaui batas *free standing* yang diijinkan oleh pabrik pembuat, *tower crane* harus dipasang sabuk pengaman (*tie beam*) yang dikaitkan ke bangunan (dapat ke kolom/lantai).dalam pemasangan *tie beam* harus diperhatikan bracing-bracing agar konstruksi stabil menerima beban tarik tekan dan membuat segitiga tertutup. Sabuk pengaman dipasang pada setiap 20 meter antara satu *section* dengan *section* lainnya. Sabuk mengamankan tiang

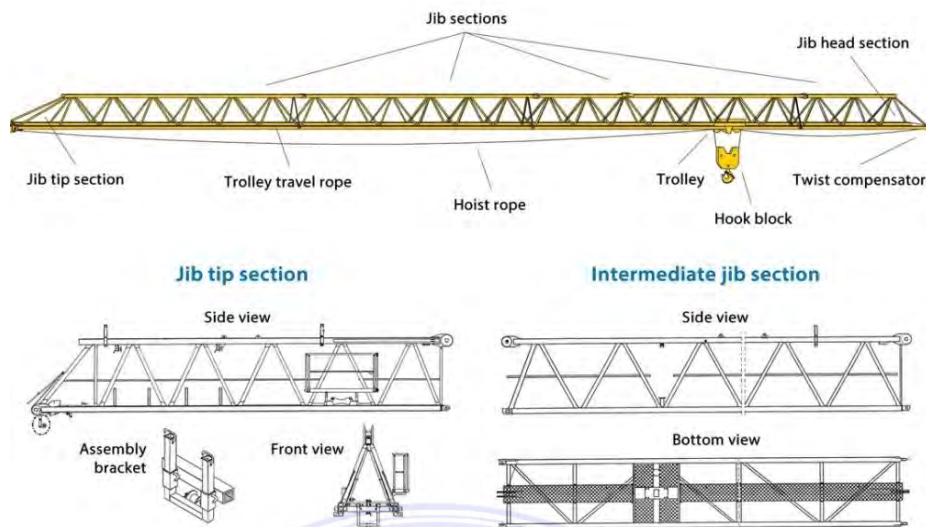
menara ke struktur atau kerangka kerja dan memberikan stabilitas saat derek berada di bawah beban atau mengalami kekuatan angin. Jumlah jangkar dasi dihitung dengan memperhatikan faktor-faktor seperti jenis *crane*, *jib length*, *height under hook*, dan kecepatan angin *out-of-service* yang maksimal.



Gambar 2.4 *Tie-in*
Sumber: Academia.Edu, 2020

2.3.3 Lengan *crane* (*Boom/Jib*) dan *Counter jib*

Boom adalah bagian dari pesawat pengangkat tempat digantungkan sistem pengangkat. *Boom* berfungsi sebagai lengan *crane* yang digunakan untuk menjangkau, memindahkan, menaikkan, ataupun menurunkan beban. Jadi *boom* berfungsi sebagai gantungan (*suspensi*) serta menaikkan dan menurunkan sistem pengangkat.



Gambar 2.5 Konstruksi *jib*
 Sumber: Academia.Edu, 2020

Jib atau *boom* merupakan tiang horizontal yang panjangnya ditentukan berdasarkan jangkauan yang diinginkan. *Counter jib* adalah bagian dari *tower crane* yang berfungsi untuk menahan beban. Sebuah troli akan bergerak sepanjang *jib* (gerakan horizontal) menjauhi atau mendekati pusat *crane*. lengan pada *crane* yang disebut *jib* terdiri dari dua macam yaitu *saddle jib* dan *luffing jib*. *Saddle jib* adalah lengan yang mendatar dengan sudut 90° terhadap *mast*. *Jib* jenis ini dapat bergerak 360° .

Saddle jib terdiri dari dua bagian yaitu *jib* panjang yang berfungsi untuk mengangkat alat dan *jib* pendek yang berfungsi untuk penyeimbang (*counter jib*). Sedangkan *luffing jib* mempunyai kelebihan dibandingkan dengan *saddle jib* karena sudut antara tiang dengan *jib* dapat diatur lebih dari 90° . Dengan kelebihan ini maka hambatan pada saat lengan berputar dapat dihindari. Dengan demikian pergerakan tower dengan *luffing jib* lebih bebas dibandingkan dengan alat yang menggunakan *saddle jib*. *Jib* jenis ini juga dapat berputar 360° terhadap tiangnya.

2.3.4 Bobot Imbang (*Counter Weight*)

Pada *counter jib* dipasangkan *counter weight* sebagai penyeimbang beban. *Counter weight* terbuat dari coran beton yang dipasang pada ujung lengan pendek *tower crane*. *Counter weight* berfungsi sebagai pemberat sehingga menciptakan keseimbangan momen saat ada beban pada *jib* bagian beban yang sedang diangkat. Dalam perancangan *tower crane* ini meja putar dan bobot imbang (*counter weight*) yang terpasang di bagian atas. Dengan demikian, momen yang dirasakan pada base dan pondasi tidak begitu besar. Pemberat ini berfungsi sebagai penyeimbang sehingga beban yang dibawa tower pada lengan yang panjang dapat terbawa dengan seimbang dengan kapasitas beban yang lebih banyak, karena pemberat ini berfungsi untuk menyeimbangkan beban yang dibawa pada tower. Bila *tower crane* hendak dipindahkan dari *site* ke *site*, maka harus dipisah dalam beberapa bagian, kemudian dipasang kembali pada *site* yang baru. Kabin operator terdapat pada bagian tengah dari *tower*. Untuk lebih mengetahui penggunaan bobot imbang (*counter weight*) dapat dilihat dalam tabel di bawah ini :

Tabel 2.1 Klasifikasi dari *Tower crane*

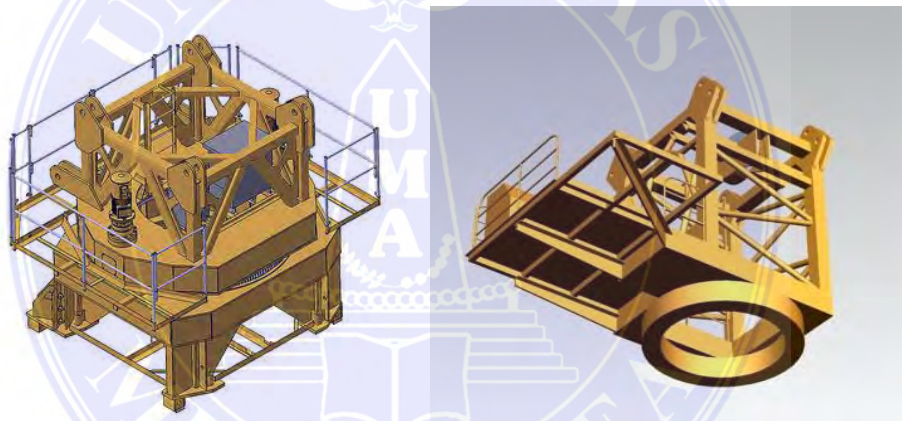
| Momen (beban-m) | Kapasitas angkat (ton) | | Jangkauan maksimum (m) | Tinggi angkat (m) | | Bobot <i>crane</i> tanpa beban keseimbangan |
|--------------------|------------------------|------|------------------------------|----------------------|------|---|
| | Min | Maks | | min | Maks | |
| 4 | 0,5 | 1,0 | 8 | 8 | 13 | 2,4 |
| 16 | 1,0 | 2,0 | 16 | 13 | 24 | 7,0 |
| 25 | 1,5 | 3,0 | 18 | 21 | 31 | 13,0 |
| 40 | 2,0 | 4,0 | 20 | 21 | 38 | 18,0 |
| 60 | 3,0 | 5,0 | 20 | 21 | 33 | 24,0 |
| 100 | 5,0 | 5,0 | 20 | 21 | 33 | 28,0 |
| 160 | 7,0 | 8,0 | 20 | 26 | 36 | 38,0 |
| 250 | 8,0 | 25,0 | 30 | 40 | 59 | 80,0 |

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

2.3.5 Kabin Operator (*Joint pint*)

Melalui kabin ini, seorang operator mengoperasikan *crane*. Semua motor pada *crane* dikendalikan melalui kabin ini untuk mengatur jarak jangkauan dan arah gerakan. Kabin ini merupakan tempat kontrol *tower crane* sehingga beban yang dibawa dapat diarahkan pada tempat yang dibutuhkan. *Tower crane* memiliki dua tombol limit, yakni tombol beban maksimum dan tombol momen beban yang berfungsi untuk memastikan operator jika *crane* tidak mengangkat beban secara berlebihan.

2.3.6 Unit Berputar (*Slewing Unit*)



Gambar 2.6 *Slewing Unit*
Sumber: Slideshare.Net, 2020

Pada bagian atas tiang utama sebelum *jib* terdapat ruang operator dan dibawah ruang tersebut terdapat *slewing unit* yang berfungsi untuk memutar *jib*. Mekanisme pemutar berfungsi untuk membawa komponen kran seperti *boom* dan lengan bobot lawan berputar, yang bertujuan untuk memperluas daerah kerja dan memudahkan pengaturan beban agar tepat sesuai dengan tempatnya. Tergantung pada desain komponen pendukung mekanisme pemutar, *crane* dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. *Crane* berputar bersama dengan pilar tiang pada bantalnya dan terpasang pada pondasi ataupun dipasang pada kolom bangunan
- b. *Crane* berputar pada pilar tiang pada bantalannya biasanya terpasang pada pondasi ataupun terpasang mati pada pondasi atau pada truk kran
- c. *Crane* berputar pada poros pemutar pusat yang dipasang mati pada komponen tak berputar, meja putar pada rel yang berbentuk lingkaran dan dipasang pada pondasi.

Selain itu juga terdapat *climbing device* yang merupakan alat untuk menambah ketinggian *crane*. Dengan adanya *slewing unit*, maka sebuah *tower crane* dapat berotasi sampai 360°. Mekanisme pemutar yang dipakai kran ini adalah yang termasuk pada kelompok tiga, yaitu kran berputar pada poros pemutar pusat yang dipasang mati pada komponen tak berputar.

Momen tekan terhadap perputaran akibat gaya gesek:

$$M = (Q + G_B \cdot G_P) \cdot k \cdot \frac{R_s}{R} \cdot \beta_1 \quad [2.1]$$

- Dimana:
- Q = Beban muatan keseluruhannya
 - G_B = Berat struktur yang diputar meliputi : *boom* muatan + kabin operator+ atas
 - G_{cw} = Berat *boom* dan bobot pengimbang
 - K = Koefisien gesek gelinding bantalan rol pemutar
 - R_s = Jari-jari jalur lintasan
 - R = Jari-jari rol perputaran
 - β_1 = Faktor yang memperhitungkan tambahan akibat gesekan pada nap (untuk rol) atau akibat luncuran lateral rol pada jalur (untuk rol silindris).

Momen akibat tegangan angin dapat ditentukan dengan rumus:

$$M_{\omega} = P_{\omega} S_{tanmua} a + P_{\omega} S_{\omega} P_{\omega} S_{cvw} e_g \quad [2.2]$$

Dimana: P_{ω} = Tekanan angin = 40 kg/m²

S_{cr} = Luas bidang yang mengalami tekanan angin pada struktur putar *crane*

$S_{mua\ tan}$ = Luas bidang yang mengalami tekanan angin pada muatan

L = Jarak bobot bagian kran yang berputar relative terhadap meja putar

S_{cvw} = Luas bidang yang mengalami tekanan angin pada pengimbang

e_g = Jarak titik pusat ke bobot pengimbang

a = Jangkauan lengan.

Momen perlawanan terhadap perputaran total:

$$M_{\Sigma} = M + M_{\omega} \quad [2.3]$$

2.3.7 Hook, Trolley, dan Pulley

Ketiga bagian ini memiliki peran penting dalam mengangkat muatan. Hook berguna sebagai pengait pada muatan. *Trolley* merupakan alat yang bergerak sepanjang *jib* yang digunakan untuk memindahkan alat secara horizontal dan pada trolley tersebut dipasangkan *hook* atau kait. Kait dapat bergerak secara vertikal untuk mengangkat alat.

Hook berfungsi sebagai pengkait beban yang akan dibawa pada *tower crane* tersebut. Sedangkan, puli (*pulley*) berfungsi meneruskan tali baja dari drum. Pada *hook* ini terdapat gulungan baja dan *pulley* sebagai penerus tali baja dari gulungan

tersebut sehingga hook dapat naik dan turun untuk mencapai alat yang akan dipindahkan. Sedangkan *trolley* berfungsi untuk memindahkan beban agar terkait oleh *hook* secara horizontal mengikuti lintasan yang ada pada *jib tower* tersebut.

1. Kait (*Hook*)



Gambar 2.7 *Hook*

Sumber: Data Lapangan, 2023

Kait adalah perlengkapan yang digunakan untuk menggantung beban yang pada ujung tangkainya terdapat ulir yang digunakan untuk mengikat bantalan aksial agar kait tersebut dapat berputar dengan leluasa. Kait terdiri atas beberapa jenis, yaitu:

a. Kait Tunggal (*Single Hook*) / Kait Standar

Kait ini dibuat dengan cara ditempa pada cetakan rata atau tertutup. Kait standar dapat mengangkat sampai 50 ton.

b. Kait Ganda (*Double Hook*)

Kait ini dibuat dengan cara ditempa pada cetakan rata atau tertutup. Kait ganda dapat mengangkat mulai dari 25-100 ton. Kait ganda didesain dengan kedudukan yang lebih kecil dari kait tunggal dengan kapasitas angkat yang sama.

c. Kait Mata Segitiga (*Triangular Hook*)

Kait mata segitiga digunakan pada *crane* untuk mengangkat muatan diatas 100 ton.

Tangkai kait diperiksa tegangan tariknya pada bagian yang berulir dengan rumu:

$$\sigma_t = \frac{4 \cdot Q}{\pi d_1^2} \quad [2.4]$$

Tinggi minimum mur kait (H) ditentukan oleh tegangan tekan yang diizinkan pada ulir yang dicari dengan rumus:

$$H = \frac{4Qt}{\pi(d_0^2 - d_1^2)P} \quad [2.5]$$

- Dimana:
- t = Kisar ulir
 - d_0 = Diameter luar ulir
 - d_1 = Diameter dalam ulir
 - P = Tegangan tekan aman untuk baja (300-350 kg/cm)

Tegangan satuan pada dudukan kait dapat dicari dengan rumus:

$$\sigma = \frac{Q}{F} + \frac{M}{Fr} + \frac{M}{Fr} \frac{1}{x} \frac{y}{y+r} \quad [2.6]$$

- Dimana :
- σ = Tegangan satuan pada jarak y dari sumbu netral
 - Q = Beban pada kait
 - F = Luas penampang kritis
 - r = Jari-jari kelengkungan sumbu netral di daerah kritis
 - x = Faktor

Momen lentur diasumsikan bernilai positif bila menyebabkan kelengkungan kait bertambat (jari-jari berkurang) dan bernilai negatif bila kelengkungannya

berkurang. Karena beban cenderung untuk membuka kait, momennya bernilai negatif.

$$Q = -Qr = -Q (0,5a + e_1) \quad [2.7]$$

Nilai x didapat persamaan :

$$x = -\frac{1}{F} \int_{e_1}^{e_2} \frac{y}{y+r} dF \quad [2.8]$$

Untuk trapesium dengan sisi b_1 dan b_2 dan tinggi h akan menjadi:

$$x = -1 + \frac{2r}{(b_1+b_2)h} \left[\left\{ b_2 \frac{b_1 - b_2}{h} (e_2 + r) \right\} 1n \frac{r+e_2}{r+e_1} - (b_1 - b_2) \right] \quad [2.9]$$

Sehingga, $r = 0,5a + e_1$.

Bila kita mengambil nilai $h = a$ dan bila $\frac{h}{a} = 1$ dan $\frac{b_1}{b_2} = n$, rumus setelah ditransformasikan akan berbentuk:

$$x = \frac{5n+7}{3(n+1)^2} [(1,5n - 0,5)1,09861 - (n - 1)] - 1 \quad [2.10]$$

Tegangan tarik maksimum pada bagian terdalam pada penampang adalah:

$$\sigma_I = \frac{Q}{F} \frac{1}{x} \frac{2e_1}{a} < \sigma_{aman} \quad [2.11]$$

Tegangan tarik maksimum pada bagian terluar pada penampang adalah:

$$\sigma_{II} = \frac{Q}{F} \frac{1}{x} \frac{e_2}{\frac{a}{2} + h} < \sigma_{aman} \quad [2.12]$$

2. Puli/Pulley (Rope Sheave)



Gambar 2.8 *Rope Sheave*

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

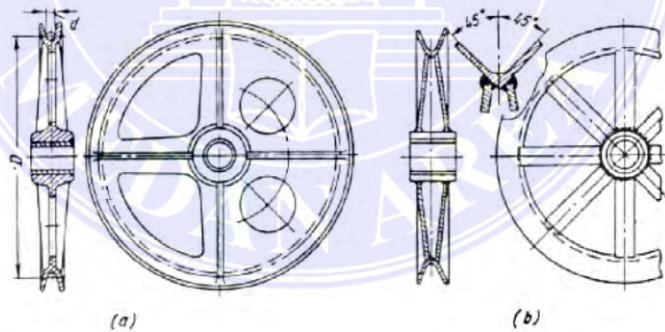
Puli (kerek atau katrol) yaitu cakra (*disc*) yang dilengkapi tali, merupakan kepingan bundar, terbuat dari logam ataupun nonlogam. Pinggiran cakra diberi alur (*grove*), berfungsi sebagai laluan tali untuk memindahkan gaya dan gerak. Puli ada 2 jenis yaitu:

a. Puli Tetap

Puli tetap terdiri dari sebuah cakra dan sebuah tali yang dilingkarkan pada alur di bagian atasnya dan pada salah satu ujungnya digantungi beban, sedangkan ujung lainnya ditarik ke bawah sehingga beban terangkat keatas.

b. Puli Bebas

Puli bebas adalah puli yang mempunyai cakra yang bebas dan poros yang bebas juga. Tali atau rantai yang dilingkarkan pada alur (*groove*) pada bagian bawah ujung tali diikatkan tetap dan ujung lainnya ditahan atau ditarik pada waktu pengangkatan. Persamaan puli tersebut adalah diameter puli.



Gambar 2.9 Konstruksi Puli

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Sistem puli adalah gabungan dari beberapa puli tetap dan puli bebas atau puli rantai. Ada sistem puli untuk bati gaya dan ada untuk bati kecepatan alat pengangkat ini kelebihan kecepatan. Dalam perhitungan *wire rope* dimulai dengan menentukan berapa banyak lengkungan tali pada sistem puli. Menurut N. Rudenko

(2018), sistem puli majemuk dengan 8 bagian lengkungan tali dapat mengangkat beban sampai 75 ton.

Diameter drum atau puli minimum untuk pemakaian tali baja yang diizinkan dengan rumus:

$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d \quad [2.13]$$

Dimana: D = Diameter drum atau puli pada dasar alurnya (mm)

d = Diameter tali baja (mm)

e_1 = Faktor yang tergantung pada tipe alat pengangkat dan kondisi operasinya

e_2 = Faktor yang tergantung pada konstruksi tali.

Tabel 2.2 Dimensi Puli

| Diameter | A | B | c | E | l | l | R | r ₁ | r ₂ | r ₃ | r ₄ |
|----------|----|----|-----|-----|----|----|------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 18,6 | 52 | 38 | 9,4 | 1,4 | 29 | 14 | 11,3 | 4,8 | 3,6 | 16 | 9,6 |

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Perbandingan panjang bushing dengan diameter ganda untuk roda puli kerja adalah:

$$\frac{l}{d_g} = 1,5 - 1,8 \quad [2.14]$$

Puli dipasang pada poros (gandar) yang terdapat bantalan tak terbebani didalam roda puli sehingga *bushing* roda puli mengalami tekanan yang dicari dengan rumus:

$$P = \frac{Q}{l \cdot d_z} \quad [2.15]$$

Dimana: p = Tekanan bidang pada poros/gandar roda puli (kg/mm²)

Q = Beban (kg/mm^2)

l = Panjang *bushing* (mm)

d_g = Diameter gandar roda puli (mm)

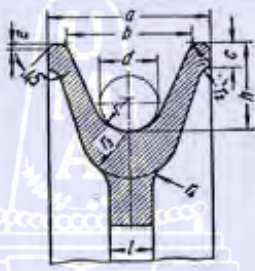
Harga tekanan yang tergantung pada kecepatan keliling permukaan lubang roda puli ini tidak boleh melebihi nilai yang tercantum didalam tabel berikut.

Tabel 2.3 Tekanan Bidang yang Diizinkan

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| V(m/s) | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| P (kg/cm^2) | 75 | 70 | 66 | 62 | 60 | 57 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 |

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Tabel 2.4 Roda Puli Tali untuk Tali Kawat Baja



| Diameter tali | a | b | c | e | h | l | r | r_1 | r_2 | r_3 | r_4 |
|---------------|-----|----|----|-----|------|----|------|-------|-------|-------|-------|
| 4,8 | 22 | 15 | 5 | 0,5 | 12,5 | 8 | 4,0 | 2,5 | 2,0 | 8 | 6 |
| 6,2 | 22 | 15 | 5 | 0,5 | 12,5 | 8 | 4,0 | 2,5 | 2,0 | 8 | 6 |
| 8,7 | 28 | 20 | 6 | 1,0 | 15,0 | 8 | 5,0 | 3,0 | 2,5 | 9 | 6 |
| 11,0 | 40 | 30 | 7 | 1,0 | 25,0 | 10 | 8,5 | 4,0 | 3,0 | 12 | 8 |
| 13,0 | 40 | 30 | 7 | 1,0 | 25,0 | 10 | 8,5 | 4,0 | 3,0 | 12 | 8 |
| 15,0 | 40 | 30 | 7 | 1,0 | 25,0 | 10 | 8,5 | 4,0 | 3,0 | 12 | 8 |
| 19,5 | 55 | 40 | 10 | 1,5 | 30,0 | 15 | 12,0 | 5,0 | 5,0 | 17 | 10 |
| 24,0 | 65 | 50 | 10 | 1,5 | 37,0 | 18 | 14,5 | 5,0 | 5,0 | 20 | 15 |
| 28,0 | 80 | 60 | 12 | 2,0 | 45,0 | 20 | 17,0 | 6,0 | 7,0 | 25 | 15 |
| 34,5 | 90 | 70 | 15 | 2,0 | 55,0 | 22 | 20,0 | 7,0 | 8,0 | 28 | 20 |
| 39,0 | 110 | 85 | 18 | 2,9 | 65,0 | 22 | 25,0 | 9,0 | 10,0 | 40 | 30 |

Gambar 2.10 Tabel Roda Puli Tali untuk Tali Kawat Baja

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

3. Trolley

Trolley dirancang sedemikian rupa sebagai tempat bergantungnya rumah kait, disamping harus dapat menahan beban yang diangkat, *trolley* juga berfungsi sebagai pembawa beban yang melintas diatas rel pada *boom/girder* dalam arah horizontal.

Gaya maksimum yang bekerja pada roda *trolley* adalah:

$$P_{max} = \frac{Q_0 G_0}{4} \quad [2.16]$$

Dimana: Q_0 = Berat muatan

G_0 = Berat *trolley*

Faktor perhitungan kecepatan gelinding roda adalah:

$$K = (0,2 \text{ s/d1}) v \quad [2.17]$$

Dimana: v = kecepatan gelinding roda, direncanakan 1 m/det

Diameter roda *trolley* dapat dicari dengan rumus:

$$\sigma_p = 600 \sqrt{\frac{P_{max} \cdot K}{b \cdot r}} \quad [2.18]$$

$$\text{Maka, } r = \left[\frac{600}{\sigma_p} \sqrt{\frac{P_{max} k}{b \cdot r}} \right]^2 \quad [2.18]$$

Dimana: σ_p = Kekuatan tekan izin pada roda *trolley*

b = Lebar permukaan kerja rel rata atau lebar roda *trolley*

Jadi, diameter roda *trolley* : $D = 2 \times r$

Diameter poros roda *trolley* dapat ditentukan dengan rumus:

$$d = \sqrt[3]{\frac{10,2 P_{max} L}{\sigma_b}} \quad [2.19]$$

Dimana : L = Jarak plat gantungan dengan roda *trolley*

Tahanan total terhadap gerak *trolley* pada gerakan normal adalah:

$$W = W_1 + W_2 \quad [2.20]$$

Tahanan akibat gesekan pada roda gerak *trolley* adalah:

$$W_1 = (Q + q + G_o) \beta \frac{\mu d + 2k}{D} \quad [2.21]$$

Dimana : Q = Berat muatan

q = Berat rumah kait (spreader)

G_o = Berat *trolley*

β = Koefisien gesekan flens roda dan rel

μ = Koefisien gesek pada bantalan roda

k = Koefisien gesek roda gelinding

Momen tahanan relatif terhadap poros roda pada gerakan yang normal :

$$M = (Q + q + G_o) \mu \frac{d}{2} + 3 \quad [2.22]$$

Tahanan pada puli tali pengangkat (ketika troli yang dibebani bergerak, roda puli berputar) adalah:

$$W_2 = S_{on} - S_{off} \quad [2.23]$$

Dimana :

$$S_{off} = \frac{Q+q}{2} ; \quad S_1 = S_{off} \cdot \varepsilon ; \quad S_2 = S_1 \cdot \varepsilon$$

Dimana : ε = Koefisien tahanan roda puli, untuk puli dengan bantalan peluru atau rol.

2.3.8 Drum Penggulung (*Hoist*) dan Tali Baja

Drum berfungsi untuk menggulung atau mengulurkan tali baja sehingga beban dapat naik ataupun turun. Sementara tali baja berfungsi untuk menopang beban yang di angkat oleh *crane*. Gulungan baja tersebut berguna untuk mengulur

dan menarik kawat baja sehingga beban ang terkait pada hook dapat terangkat, tentunya dengan spesifikasi berat yang telah ditentukan dan tidak melebihi kapasitas mesin tersebut.

a. Drum Penggulung (*Hoist*)

Drum pada mekanisme pengangkatan digunakan untuk menggulung tali atau rantai. Drum untuk tali baja terbuat dari besi cor, tapi terkadang dari besi tuang atau konstruksi lasan. Dengan memperhitungkan efisiensi gesekan pada bantalannya, efisiensi drum adalah $\eta \approx 0,95$. Diameter drum dipilih dengan perbandingan yang sama dengan roda puli: $D > 10 d$. Untuk drum penggerak daya (digerakkan dengan mesin), drum harus dilengkapi dengan alur heliks sehingga tali akan tergulung secara seragam dan keausannya berkurang. yang didesain untuk dua tali diberi dua arah heliks, ke kanan dan ke kiri.

Jumlah lilitan (z) pada *drum* untuk satu tali adalah:

$$Z = \frac{H.i}{\pi.D} + 2 \quad [2.24]$$

Dimana: H = Tinggi angkat muatan, angka 2 ditambahkan untuk lilitan yang menahan muatan

i = Perbandingan sistem tali

D = Diameter *drum* minimum.

Panjang alur spiral (*helical grove*) dihitung dengan rumus:

$$l = z.s$$

Panjang drum (L) seluruhnya dapat dicari dengan persamaan:

$$L = \left(\frac{H.i}{\pi.D} + 7 \right) s \quad [2.25]$$

Tebal dinding *drum* (ω) dapat ditentukan dengan rumus:

$$\omega = 0,02 D + (0,6 - 1,0 \text{ cm}) \tag{2.26}$$

Tegangan tekan ($t\sigma$) pada permukaan dinding drum adalah:

$$\sigma_t \frac{S}{\omega \cdot S} \tag{2.27}$$

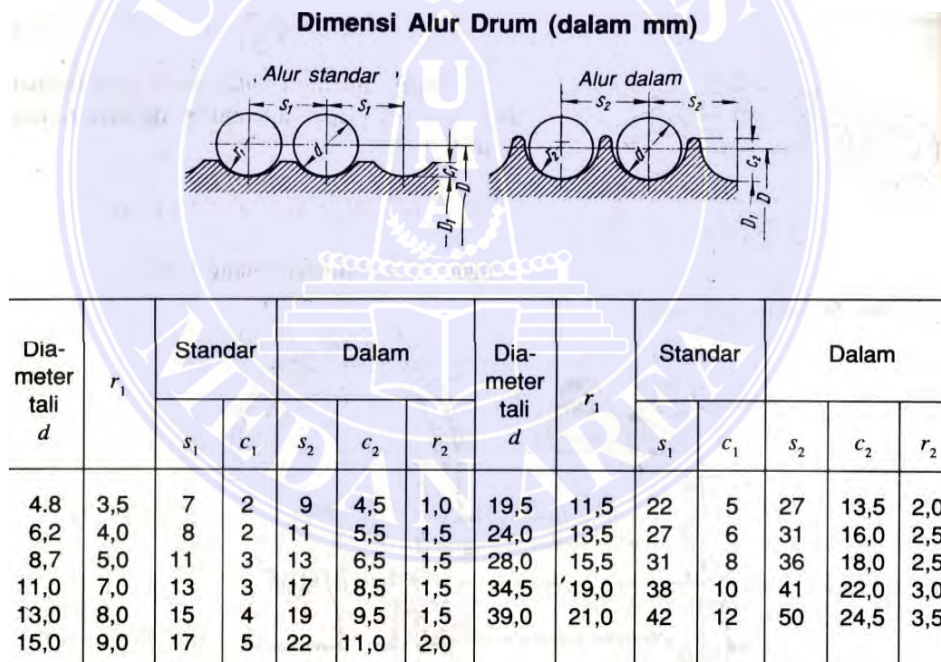
Dimana: S = Tegangan tarik maksimum pada tali baja

Tegangan tekan izin lebih besar dari tegangan tekan $\sigma_{ti} > \sigma_t$.

Tebal dinding drum (ω) dapat ditentukan dengan rumus:

$$\omega = 0,02 D + (0,6 \frac{S}{d} 1,0 \text{ cm}) \tag{2.28}$$

Tabel 2.5 Dimensi Alur Drum (mm)



Gambar 2.11 Tabel Dimensi Alur Drum
Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

b. Tali Baja (*Steel Wire Rope*)

Tali baja berfungsi untuk mengangkat dan menurunkan beban serta memindahkan gerakan dan gaya. Tali baja adalah tali yang dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat-serat baja (*steel wire*) dengan kekuatan $\sigma_b = 130-200$

kg/mm² . Beberapa serat dipintal hingga menjadi satu jalinan (*strand*), kemudian beberapa *strand* dijalin pula pada suatu inti (*core*) sehingga membentuk tali. Tali baja terbuat dari kawat baja dengan kekuatan $\sigma_b = 130$ sampai 200 kg/mm². *Crane* yang bekerja pada lingkungan yang kering menggunakan tali yang terbuat dari kawat yang cerah (tak berlapis). Tali yang akan digunakan pada tempat yang lembab harus digalvanisir (berlapis-seng) untuk melindungi tali terhadap korosi. Akan tetapi, kekuatan angkat tali yang digalvanis akan turun sekitar 10% karena pengaruh panas (seperti pada proses temper) yang terjadi ketika dilakukan proses lapisan seng.

Tabel 2.6 Tali untuk *Crane* dan Pengangkat

| KONSTRUKSI TALI | | | | | | | | |
|--|---|---------|-------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|
| Faktor mula- mula dari keamanan tali terhadap tegangan | 6 x 19=114 + 1c* | | 6 x 37 = 222 + 1c | | 6 x 61 = 366 + 1c | | 18 x 17=342 +1c | |
| | Posisi | Posisi | Posisi | Posisi | Posisi | Posisi | Posisi | Posisi |
| | berpot- ongan | sejajar | berpot- ongan | sejajar | berpot- ongan | sejajar | berpot- ongan | sejajar |
| | Jumlah serat patah sepanjang satu lingkaran setelah tali tertentu dibuang | | | | | | | |
| Kurang 6 | 12 | 6 | 22 | 11 | 36 | 18 | 36 | 18 |
| Kurang 6-7 | 14 | 7 | 26 | 13 | 38 | 19 | 38 | 19 |
| Di atas 7 | 16 | 8 | 30 | 15 | 40 | 20 | 40 | 20 |

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Percobaan-percobaan menunjukkan bahwa umur tali sangat dipengaruhi oleh kelelahan. Diketahui juga bahwa setiap tali hanya dapat mengalami lengkungan tertentu sepanjang umur pakainya, jumlah lengkungan tertentu yang telah melewati batas ini akan rusak dengan cepat. Tergantung pada jumlah lengkungan, umur tali dapat ditentukan dengan memakai perbandingan $\frac{D_{min}}{d}$ (D_{min}

adalah diameter minimum puli atau drum dan d adalah diameter tali) dan $\frac{D_{min}}{\delta}$ (δ adalah diameter kawat pada tali). Untuk mendapatkan umur tali yang seragam, pengaruh jumlah lengkungan harus dikompensasikan dengan suatu perubahan pada perbandingan $\frac{D_{min}}{d}$. Tabel 2.7 menunjukkan nilai $\frac{D_{min}}{d}$ sebagai fungsi jumlah lengkungan.

Tabel 2.7 Perbandingan diameter puli dan diameter tali baja terhadap lengkungan

| Jumlah lengkungan | $\frac{D_{min}}{d}$ | Jumlah lengkungan | $\frac{D_{min}}{d}$ | Jumlah lengkungan | $\frac{D_{min}}{d}$ | Jumlah lengkungan | $\frac{D_{min}}{d}$ |
|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 16 | 5 | 26,5 | 9 | 32 | 13 | 36 |
| 2 | 20 | 6 | 28 | 10 | 33 | 14 | 37 |
| 3 | 23 | 7 | 30 | 11 | 34 | 15 | 37,5 |
| 4 | 25 | 8 | 31 | 12 | 35 | 16 | 38 |

Sumber: N. Rudenko, Mesin Pemindah Bahan, 2018

Pemeriksaan kekuatan tali dilakukan sebagai berikut. Berdasarkan metode penggantungan muatan dengan menggunakan tabel 2.7 untuk mencari $\frac{D_{min}}{d}$. Dengan menyatakan diameter tali dengan rumus : $d = 1,5\delta\sqrt{i}$, diperoleh:

$$d = \frac{D_{min}}{1,5\delta \sqrt{i}} \quad [2.29]$$

Dimana: δ = Diameter satu kawat

i = Jumlah kawat dalam tali

Tegangan pada tali yang dibebani pada bagian yang melengkung karena tarikan dan lenturan adalah:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{\sigma_b}{K} = \frac{S}{F} + \frac{\delta E'}{D_{min}} \quad [2.30]$$

- Dimana :
- σ_b = Kekuatan putus bahan kawat tali, dalam kg/cm^3
 - K = Faktor keamanan tali
 - S = Tarikan pada tali (kg)
 - F = penampang berguna tali (cm^2)
 - E' = $\frac{3}{8}E$ (Modulus elastisitas yang dikoreksi)

Rumus untuk satu ukuran kawat:

$$F = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{\delta}{D_{min}} \cdot E'} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} \cdot \frac{\delta}{d} \cdot E'} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} \cdot \frac{E'}{1,5 \sqrt{i}}} \quad [2.31]$$

Untuk tali yang paling sering dipakai pada mesin pengangkat (kecuali tali pintalan kompon), misalnya tali dengan 114, 222 dan 342 buah kawat dengan rumus:

$$F_{(114)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 50.000} \quad [2.32]$$

$$F_{(222)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 36.000} \quad [2.33]$$

$$F_{(342)} = \frac{S}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 29.000} \quad [2.34]$$

Dengan mengalikan kedua sisi rumus diatas kita peroleh rumus untuk memilih tali menurut kekuatan putusnya P yang diacu pada penampang total tali:

$$P_{(114)} = \frac{S \cdot \sigma_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 50.000} \quad [2.35]$$

$$P_{(222)} = \frac{S \cdot \sigma_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 36.000} \quad [2.36]$$

$$P_{(114)} = \frac{S \cdot \sigma_b}{\frac{\sigma_b}{K} - \frac{d}{D_{min}} 29.000} \quad [2.37]$$

Perbandingan antara momen dengan jari-jari kelengkungan pada lengkungan dinyatakan:

$$\rho = \frac{EI}{M} \quad [2.38]$$

Dimana: ρ = Jari-jari kelengkungan
 E = Modulus elastisitas kawat
 I = Momen inersia dari penampang kawa
 M = Momen lengkung

Tegangan tarik atau tekan yang terjadi ketika membengkokkan kawat lurus pada serat yang terluar yang berada pada jarak $\frac{\delta}{2}$ dari garis netral (δ adalah diameter kawat) adalah:

$$\sigma = \pm \frac{M}{I} \cdot \frac{\delta}{2} = \pm E \frac{\delta}{2\rho} = \pm E \frac{\delta}{D_{min}} \quad [2.39]$$

Dengan menambahkan tegangan tarik yang terjadi pada bagian lurus, pada tegangan lentur akan diperoleh rumus:

$$\sigma_{\Sigma} = \frac{\sigma_b}{K} = \frac{S}{F} + \frac{3}{8} E \frac{\delta E'}{D_{min}} = \frac{S}{F} + \frac{SE'^*}{D_{min}} \quad [2.40]$$

Dimana: D_{min} = Diameter puli atau tempat tali lewat

Tali hanya boleh diperikasa satu kali terhadap pengecekan tegangan tarik sesuai dengan rumus:

$$S = \frac{P}{K} \quad [2.41]$$

Dimana: S = Tarikan maksimum yang diinginkan pada tali (kg)
 P = Kekuatan putus tali sebenarnya (kg)
 K = Faktor keamanan (Tabel 2.3 sesuai dengan jenis mekanisme dan kondisi operasinya).

Tarikan kerja maksimum pada tali dari sistem puli beban S_w dihitung dengan rumus:

$$S_w = \frac{Q}{n \cdot \eta \cdot \eta_1} \quad [2.42]$$

Dimana : n = Jumlah muatan puli yang menyangga muatan
 η = Efisiensi puli (tabel 2.8)
 η_1 = Efisiensi yang disebabkan kerugian tali akibat kekakuannya ketika menggulung pada *drum* yang diasumsikan 0,98.

Diameter drum atau puli minimum diijinkan didapat dari rumus:

$$D \geq e_1 \cdot e_2 \cdot d \quad [2.43]$$

Dimana : D = diameter puli atau drum pada dasar alurnya (mm)
 d = Diameter tali (mm)
 e_1 = Faktor yang tergantung pada alat pengangkat dan konfisi operasionalnya (Tabel 2.10)
 e_2 = Faktor yang tergantung pada konstruksi tali

Tabel 2.8 Efisiensi Puli

| Puli Tunggal | | Puli Ganda | | Efisiensi | |
|--------------|---------------------------|-------------|---------------------------|---|---|
| Jumlah alur | Jumlah puli yang berputar | Jumlah alur | Jumlah puli yang berputar | Gesekan pada permukaan puli (faktor resisten satu puli) | Gesekan anguler pada permukaan puli (faktor resisten satu puli) |
| 2 | 1 | 4 | 2 | 0,951 | 0,971 |
| 3 | 2 | 6 | 4 | 0,906 | 0,945 |
| 4 | 3 | 8 | 6 | 0,861 | 0,918 |
| 5 | 4 | 10 | 8 | 0,823 | 0,892 |
| 6 | 5 | 12 | 10 | 0,784 | 0,873 |

Sumber: Rudenko, N. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Tabel 2.9 Harga Minimum Faktor K dan e_1 yang Diijinkan

| Tipe Alat Pengangkat | Digerak- kan oleh | Kondisi pengoperasian | Faktor K | Faktor e_1 |
|--|----------------------|---------------------------|-------------|-----------------|
| 1. Lokomotif,caterpillar-mounted, traktor dan truk yang mempunyai crane pilar (termasuk excavator yang dioperasikan sebagai crane dan pengangkat mekanik pada daerah konstruksi dan pekerjaan berkala. | Tangan | Ringan | 4 | 16 |
| | Daya | Ringan | 5 | 16 |
| | Daya | Medium | 5,5 | 18 |
| | Daya | Berat dan sangat berat | 6 | 20 |
| 2. Semua tipelain dari crane dan pengangkat mekanis | Tangan | Ringan | 4,5 | 18 |
| | Daya | Ringan | 5 | 20 |
| | Daya | Medium | 5,5 | 25 |
| | | Berat dan sangat berat | 6 | 30 |
| 3. Derek yang dioperasikan dengan tangan dengan kapasitas beban terangkat diatas 1 ton yang digandeng pada berbagai peralatan otomotif (mobil, truk, dan sebagainya) | - | - | 4 | 12 |
| 4. Pengangkat dengan troli | - | - | 5,5 | 20 |
| 5. Penjepit mekanis (kecuali untuk puli pada grabs) untuk pengangkat mekanis pada no.1 | - | - | 5 | 20 |
| 6. Idem untuk pengangkat mekanik pada no.2 | - | - | 5 | 30 |

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Tabel 2.10 Harga Faktor e_2 yang Tergantung pada Konstruksi Tali

| Konstruksi Tali | Faktor e_2 |
|---------------------------------|--------------|
| Biasanya 6 x 19 = 114 + 1 poros | |
| Posisi berpotongan..... | 1,00 |
| Posisi sejajar..... | 0,90 |
| Compound 6 x 19 = 114 + 1 poros | |
| a) Warrington | |
| Posisi berpotongan..... | 0,90 |
| Posisi sejajar..... | 0,85 |
| b) Seale | |
| Posisi berpotongan..... | 0,95 |
| Posisi sejajar..... | 0,85 |
| Biasanya 6 x 37 = 222 + 1 poros | |
| Posisi berpotongan..... | 1,00 |
| Posisi sejajar..... | 0,90 |

Sumber: N. Rudenko. Mesin Pemindah Bahan, 2018

Tegangan tarik yang terjadi pada tali baja adalah:

$$\sigma_t = \frac{S_b}{F_{222}} \quad [2.44]$$

Faktor yang tergantung pada jumlah lengkungan berulang selama periode keausannya sampai tali tersebut rusak (m) yang dihitung dengan persamaan:

$$A = \frac{D}{d} = m \cdot \sigma \cdot C \cdot C_1 C_2 \quad [2.45]$$

Dimana: A = Perbandingan diameter drum atau puli dengan diameter tali

σ = tegangan tarik sebenarnya pada tali

C = Faktor yang memberi karakteristik konstruksi dan tegangan patah tali baja

C_1 = Faktor yang tergantung diameter tali baja

C_2 = Faktor yang menentukan produksi dan operasi

Tambahan.

Maka :

$$m = \frac{A}{\sigma C C_1 C_2} \quad [2.46]$$

Untuk mencari umur tali baja (N) diperoleh dengan rumus:

$$z_1 = a.z_2.N.\beta \quad [2.47]$$

Dimana : z_1 = Jumlah lengkungan berulang yang diizinkan

a = Jumlah siklus rata-rata per bulan

z_2 = Jumlah lengkungan berulang per siklus kerja

β = Faktor perubahan daya tahan tali akibat

mengangkut muatan lebih rendah dari tinggi total

dan lebih ringan dari muatan penuh,

φ = Perbandingan jumlah lengkungan dengan jumlah putus tali.

Maka :

$$N = \frac{z_1}{a z_2 \beta \varphi} \quad [2.48]$$

2.3.9 Motor Penggerak

Dalam Perhitungan ini, tenaga penggerak yang digunakan untuk mengangkat berasal dari daya motor listrik dengan memakai sebuah elektromotor.

Pada kecepatan angkat yang konstan ($V = \text{const}$, gerakan yang seragam), besarnya daya (N) yang dihasilkan oleh elektromotor dapat dihitung dengan rumus:

$$N = \frac{Q.V}{75 . \eta} \quad [2.49]$$

Dimana : Q = Kapasitas angkat muatan

η = Effisiensi mekanisme pengangkat

V = Kecepatan angkat muatan

Momen tahanan statik pada poros motor (M) adalah:

$$M_{st} = 71620 \times \frac{N}{n} \quad [2.50]$$

Tegangan tarik yang diizinkan adalah:

$$\sigma_{ti} = \frac{\sigma_{ti}}{K} \quad [2.51]$$

Dimana : K = Faktor keamanan

Tegangan puntir yang diizinkan adalah:

$$\sigma_p = 0,7 \sigma_{ti} \quad [2.52]$$

Diameter poros penggerak dapat dicari dengan rumus:

$$d_p \geq \sqrt[3]{\frac{M_{rated}}{0,2 \cdot \sigma_p}} \quad [2.53]$$

Momen girasi kopling dapat dicari dengan rumus:

$$GD_{coupl}^2 = 4 \cdot g \cdot I \quad [2.54]$$

Dimana : g = Percepatan gravitasi (g = 9,81 m/s²)

I = Momen inersia kopling

Momen girasi rotor dan kopling pada poros motor adalah:

$$GD^2 = GD_{rot}^2 + GD_{coupl}^2 \quad [2.55]$$

Momen gaya dinamis (M_{dyn}) ketika start, diperoleh dengan rumus:

$$M_{dyn} = \frac{\delta GD^2 n}{375 t_s} + \frac{0,975 QV^2}{nt_s \eta} \quad [2.56]$$

Dimana : δ = Koefisien pengaruh massa mekanisme transmisi

n = Kecepatan poros motor dalam keadaan normal

Q = Berat penuh muatan pada peralatan pengangkat

V = Kecepatan normal atau tetap dari mekanisme pengangkat

η = Efisiensi mekanisme pengangkat

T_s = Waktu start pada mekanisme pengangkat (1,5-5)

Momen gaya motor yang diperlukan pada saat start adalah:

$$M_{mot} = M_{st} + M_{dyn} \quad [2.57]$$

Momen gaya ternilai motor adalah:

$$M_{rated} = 71.620 x \frac{N_{rated}}{n} \quad [2.58]$$

Pemeriksaan motor terhadap beban lebih motor selama start ($M_{maks} = M_{mot}$) adalah:

$$\frac{M_{max}}{M_{rated}} < 2.5 \quad [2.59]$$

2.3.10 Sistem Rem

Pada pesawat pengangkat ini, rem tidak hanya dipergunakan untuk menghentikan beban tetapi juga untuk menahan beban pada waktu diam dan mengatur kecepatan pada saat menurulkannya. Adapun bentuk dan komponen utama dari rem yang akan direncanakan dapat dilihat pada gambar 3.10 berikut ini. Pada perencanaan ini jenis rem yang dipergunakan adalah jenis rem cakera (disc breake). Karena rem dipasang pada poros motor, maka daya pengereman statik (N_{br}) adalah:

$$N_{br} = \frac{Q.V.\eta}{75} \quad [2.60]$$

Dimana : Q = Berat muatan yang diangkat
 V = Kecepatan angkat
 η = Effisiensi total mekanisme

Momen statik (M_{st}) yang diakibatkan beban pada poros rem saat pengereman adalah:

$$N_{br} = 71.620 \frac{N_{br}}{n_{br}} \quad [2.61]$$

Dimana: n_{br} = Kecepatan poros pengereman = 1000 rpm

Momen gaya dinamik saat pengereman pada poros rem adalah:

$$M_{dyn} = \frac{\delta \cdot GD^2 \cdot n}{375 \cdot t_{br}} + \frac{0,975 \cdot Q \cdot V^2 \cdot \eta}{n \cdot t_{br}} \quad [2.62]$$

Dimana: GD_2 = Momen girasi akibat komponen yang terpasang pada poros motor

δ = Koefisien yang memperhitungkan pengaruh massa Mekanisme transmisi ($\delta = 1,1$ s/d $1,25$)

t_{br} = Waktu untuk pengereman, untuk mekanisme pengangkatan, $V > 12$ m/menit = 1,5 detik.

Momen gaya yang diperlukan untuk pengereman adalah:

$$M_{mot} = M_{st} + M_{dyn} \quad [2.63]$$

Ukuran-ukuran diameter dan lebar cakram dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini:

$$b \cdot r \cdot m^2 = \frac{M_{br} \cdot \beta}{2 \cdot \pi \cdot \mu \cdot p} \quad [2.64]$$

Dimana : b = Lebar cakram (cm)

r_m = Radius rata-rata cakram (cm)

β = Koefisien pengereman

μ = Koefisien gesekan

P = Tekanan permukaan yang diizinkan

$$\frac{b}{r_m} = 0,2 \frac{s}{d} 0,5$$

Diameter dalam cakram rem adalah:

$$D1 = 2r_m - b \quad [2.65]$$

Diameter luar cakram rem adalah:

$$D1 = 2r_m + b \quad [2.66]$$

Gaya dorong aksial (S) untuk permukaan gesek adalah:

$$S = \frac{M_{br}}{2 \cdot \mu \cdot r_m} \quad [2.67]$$

Dimana : z = Jumlah permukaan gesek

Rem harus diperiksa kekuatannya terhadap tekanan satuan (untuk keausan).

Permukaan lingkaran gesek cakram adalah:

$$F = \pi (R_2^2 - R_1^2) \quad [2.68]$$

Tekanan permukaan satuan yang terjadi adalah:

$$p = \frac{S}{F} \quad [2.69]$$

Harga tekanan permukaan kontak ini harus dalam batas tekanan satuan yang diizinkan yaitu untuk bahan asbes pada logam $P = (0,5 \text{ s/d } 7) \text{ kg/cm}^2$.

$$e_1 = \frac{h}{3} x \frac{2b_1+b_2}{b_1+b_2} \quad e_2 = \frac{h}{3} x \frac{b_1+2b_2}{b_1+b_2} \quad [2.70]$$

Tegangan tarik maksimum pada bagian terdalam pada penampang I, yaitu:

$$\sigma_I = \frac{Q}{F} x \frac{1}{x} x \frac{2e_1}{\alpha} < 1500 \text{ kg/cm}^2 \quad [2.71]$$

$$\sigma_{II} = \frac{Q}{F} x \frac{1}{x} x \frac{2e_2}{\alpha+2h} < 1500 \text{ kg/cm}^2 \quad [2.72]$$

Tegangan geser izin dapat dihitung dengan rumus:

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{Sf_1+Sf_2} \quad [2.73]$$

Dimana : Sf_1 = Faktor keamanan untuk bahan S-C

Sf_2 = Faktor keamanan dengan pengaruh kekasaran permukaan

Beban permukaan yang diizinkan per satuan lebar, dapat diperoleh dari persamaan:

$$F'_H = f_v k_H d_{01} \frac{2z_2}{z_1+z_2} \quad [2.74]$$

Dimana : k_H = Faktor tegangan kontak

d_{01} = Diameter jarak bagi lingkaran

Luas permukaan gigi adalah:

$$A = b \cdot H \quad [2.75]$$

Dimana : b = Lebar gigi

H = Tinggi gigi

Tegangan geser (τ) yang terjadi pada roda gigi 1 dan 2 adalah:

$$\tau = \frac{F_t}{A} \quad [2.76]$$

2.3.11 Sistem Transmisi

Pada perancangan transmisi mekanisme pengangkat ini digunakan sistem roda gigi yang berfungsi untuk mereduksi putaran motor penggerak. Roda gigi yang dipakai adalah roda gigi lurus 3 tingkat yang terpasang pada poros elektromotor. Pada sistem pengangkat ini digunakan sebuah elektromotor yang dipasang pada satu poros yang diantaranya dipasang transmisi roda gigi yang meneruskan putaran ke drum. Pada sistem transmisi ini, diketahui terlebih dahulu kecepatan tali baja pada drum yaitu :

$$V_d = V \cdot i_{puli} \quad [2.77]$$

Dimana : i_{puli} = Perbandingan transmisi puli, $i_{puli} > 1$,

V = Kecepatan angkat motor

Putaran drum dapat ditentukan dengan rumus:

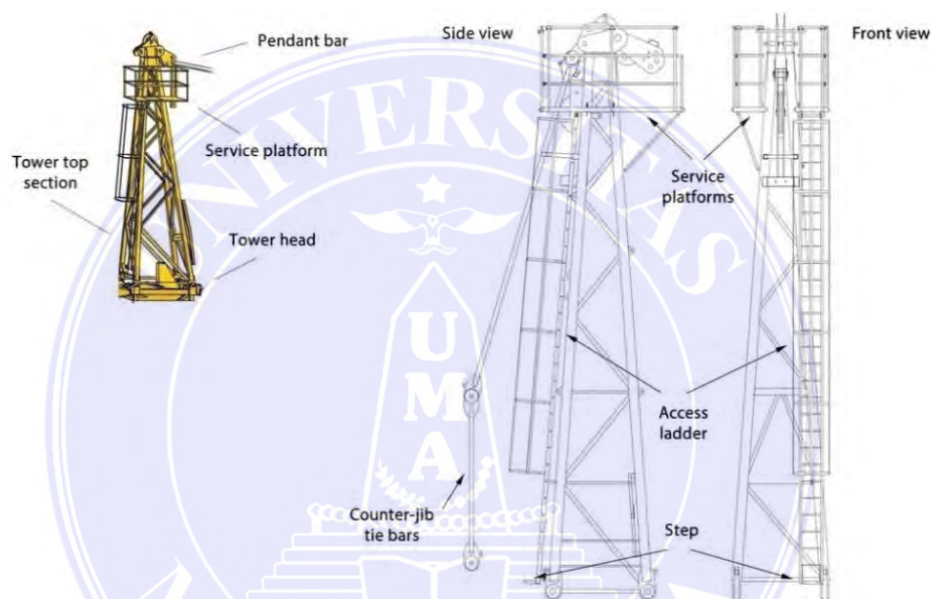
$$n_d = \frac{V_d}{\pi \cdot D} \quad [2.78]$$

Perbandingan transmisi motor dengan drum adalah:

$$i = \frac{n_m}{n_d} \quad [2.79]$$

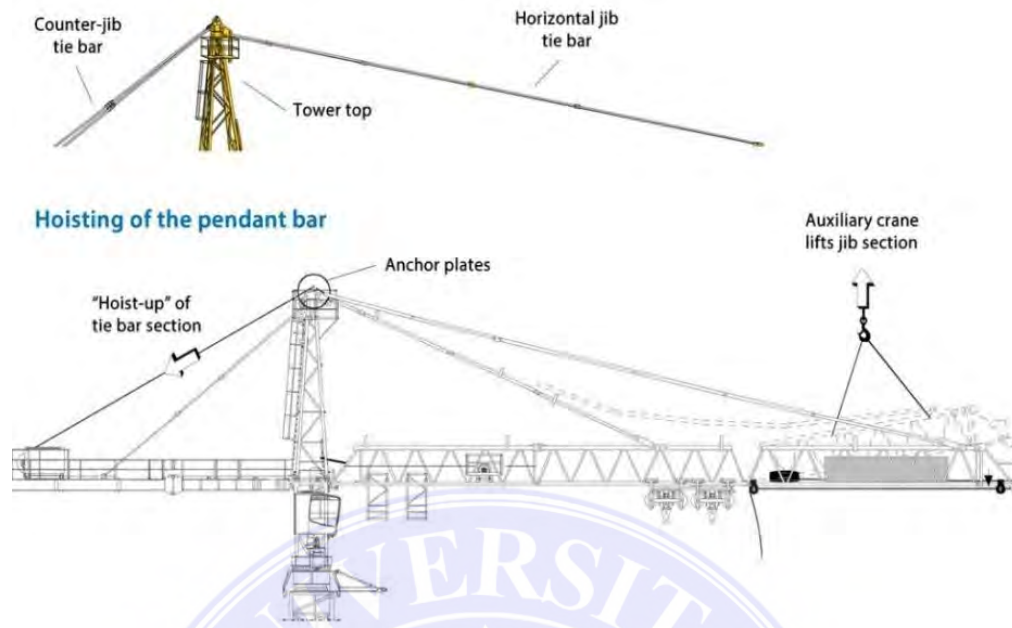
2.3.12 Top Tower

Top tower adalah bagian puncak dari *tower crane*. *Hammerhead* atau *crane high-top* menggunakan bagian atas menara untuk torsi dan stabilitas yang lebih besar. Bilah liontin dilekatkan dari atas menara ke *jib* dan *counter-jib* yang memberikan stabilitas lebih lanjut. Anemometer dan lampu peringatan pesawat terbang diletakkan di atas menara.



Gambar 2.12 *Tower Top*
Sumber: Academia.Edu, 2020

Pendant bar memberikan stabilitas tambahan pada derek. Batangnya dilekatkan dari puncak menara ke *jib* dan *counter-jib*. *Crane* menara atas datar menghilangkan kebutuhan akan liontin bar dan bingkai dengan membuat *jib* crane lebih besar dan lebih kuat.



Gambar 2.13 Pendant Bars
Sumber: Academia.Edu, 2020

2.4 Jenis-Jenis *Tower crane*

Tipe *tower crane* dibagi berdasarkan cara *crane* tersebut berdiri. Pemilihan jenis *tower crane* harus mempertimbangkan beberapa aspek seperti situasi proyek, bentuk struktur bangunan, kemudahan saat pemasangan dan pembongkaran serta ketinggian bangunan. *Tower crane* statis terdiri dari beberapa macam tipe yaitu *free standing crane*, *tied-in tower crane* dan *climbing crane*. jenis yang dapat digerakkan adalah *rail mounted crane*.

2.4.1 *Free standing crane*

Crane yang berdiri bebas (*free standing crane*) berdiri diatas pondasi yang khusus dipersiapkan untuk alat tersebut. Jika *crane* harus mencapai ketinggian yang besar maka kadang-kadang digunakan pondasi dalam seperti tiang pancang. Syarat dari pondasi *crane* adalah pondasi tersebut harus dapat menahan momen akibat angin dengan ayunan beban, berat *crane* dan berat alat yang diangkat. *Free standing*

crane dapat berdiri sampai dengan ketinggian 100 meter. Tiang utama (*mast*) diletakkan di atas dasar dengan diberi *ballast* sebagai penyeimbang (*counterweight*). Tipe *jib* atau lengan pada *tower crane* ada dua yaitu *saddle jib* dan *luffing Jib*.

2.4.2 *Rail Mounted Crane*

Penggunaan rel pada *rail mounted crane* mempermudah alat untuk bergerak sepanjang rel tersebut. Desain pemasangan rel harus memperhatikan ada dan tidaknya tikungan karena tikungan akan mempersulit gerakan *crane*. Tetapi agar tetap seimbang gerakan *crane* tak dapat terlalu cepat. Kelemahan *crane* tipe ini adalah harga rel yang cukup mahal, rel harus di letakkan pada permukaan datar sehingga tiang tidak menjadi miring.

Tumtable dari *rail-mounted crane* terletak dibagian bawah. *Crane* jenis ini digerakkan dengan menggunakan motor penggerak. Jika ke miringan tiang melebihi $1/200$ maka motor penggerak tidak mampu menggerakkan *crane*. Selain itu juga perlu diperhatikan desain rel pada tikungan karena tikungan yang terlalu tajam akan mempersulit motor penggerak untuk menggerakkan alat. Ketinggian maksimum *rail mounted crane* adalah 20 meter dengan berat beban yang diangkat tidak melebihi 4 ton. Batasan ini perlu diperhatikan untuk menghindari jungkir, mengingat seluruh badan *crane* bergerak pada saat pengangkatan alat.

2.4.3 *Tied –in Tower Crane*

Crane mampu berdiri bebas pada ketinggian kurang dari 100 meter. Jika diperlukan *crane* dengan ketinggian lebih dari 100 m, maka *crane* harus ditambatkan atau dijangkar ke struktur bangunan. Fungsi dari penjangkaran ini ialah untuk

menahan gaya horizontal. Dengan demikian *crane* tipe *tied-in tower crane* dapat mencapai ketinggian sampai 200 meter.

2.4.4 *Climbing Crane*

Apabila lahan yang ada terbatas, maka alternatif penggunaan *crane* yakni *crane* panjat atau *climbing crane*. *Crane* tipe ini diletakkan didalam struktur bangunan yaitu pada core atau inti bangunan. *Crane* bergerak naik bersamaan dgn struktur naik. Pengangkatan *crane* dimungkinkan dengan adanya dongkrak hidrolis (*hydraulic jacks*).

2.5 Kriteria Pemilihan *Tower crane*

Pemilihan *tower crane* sebagai alat untuk memindahkan alat didasarkan pada kondisi lapangan yang tidak luas, ketinggian yang tak terjangkau alat lain, dan tidak dibutuhkannya pergerakan alat. Pemilihannya harus direncanakan sebelum proyek tersebut dimulai. Hal ini disebabkan karena dalam pengoperasiannya *crane* harus diletakkan disuatu tempat yang tetap selama proyek berlangsung, sehingga *crane* harus mampu memenuhi kebutuhan akan pemindahan alat dari suatu tempat ke tempat berikutnya sesuai dengan daya jangkau yang ditetapkan. Pemilihan jenis *tower crane* yang akan dipakai harus mempertimbangkan anatara lain situasi proyek, bentuk struktur bangunan, kemudahan operasional, baik saat pemasangan maupun pembongkaran, ketinggian struktur bangunan yang dilaksanakan. Sedangkan faktor luar harus diperhatikan antara lain kekuatan angin terhadap alat, ayunan beban pada saat dipindahkan kecepatan pemindahan alat, dan pengereman mesin dalam pergerakannya.

2.6 Pemilihan Kapasitas dan Jangkauan *Tower crane*

Kapasitas angkat *tower crane* tergantung dari lengannya. Semakin panjang *boom* maka kapasitas angkatnya di bagian paling ujung akan semakin kecil. Setiap produsen pembuat *crane* akan memberikan buku panduan mengenai kapasitas alat yang diproduksinya. Yang perlu diperhatikan adalah bahwa jika alat yang diangkut oleh *crane* melebihi kapasitasnya maka akan terjadi jungkir.

Secara garis besar, pada saat menghitung beban sebaiknya perhitungan total beban dilakukan dengan menambah 5% dari total. Jadi pengamsusian beban adalah 105% dari beban yang sebenarnya. Angka 5% ini adalah faktor keamanan. Oleh karena itu, berat alat yang diangkut sebaiknya memenuhi beberapa hal, yaitu untuk mesin beroda crawler adalah 75 % dari kapasitas alat dan untuk mesin beroda karet adalah 85 % dari kapasitas alat serta untuk mesin yang memiliki kaki (*outrigger*) adalah 85 % dari kapasitas. Tabel-tabel berikut merupakan contoh panduan kapasitas pengangkatan alat oleh *crane*.

Tabel 2.11 Kapasitas Angkat (lb) untuk 200 ton *Crawler* dengan *Boom* 180 ft

| Radius Beban (ft) | Kapasitas (lb) | Radius (ft) | Kapasitas (lb) | Radius (ft) | Kapasitas (lb) |
|----------------------|-------------------|----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| 32 | 146300 | 80 | 39200 | 130 | 17900 |
| 36 | 122900 | 85 | 35800 | 135 | 16700 |
| 40 | 105500 | 90 | 32800 | 140 | 15500 |
| 45 | 89200 | 95 | 30200 | 145 | 14500 |

Lanjutan Tabel 2.11

| Radius | Kapasitas | Radius | Kapasitas | Radius | Kapasitas |
|------------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|
| Beban (ft) | (lb) | (ft) | (lb) | (ft) | (lb) |
| 50 | 76900 | 100 | 27900 | 150 | 13600 |
| 55 | 67200 | 105 | 25800 | 155 | 12700 |
| 60 | 59400 | 110 | 23900 | 160 | 11800 |
| 65 | 53000 | 115 | 22200 | 165 | 11100 |
| 70 | 47600 | 120 | 20600 | 170 | 10300 |
| 75 | 43100 | 125 | 19200 | 175 | 9600 |

Sumber: Construction planning, Equipment and Methods, 2013

Tabel 2.12 Kapasitas Angkat (lb) untuk 25 ton *Truck Crane*

| Radius Beban (ft) | Panjang <i>Boom</i> (ft) | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 31,5 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 | 80 |
| 12 | 50000 | 45000 | 38700 | | | | |
| 15 | 41500 | 39000 | 34400 | 30000 | | | |
| 20 | 29500 | 29500 | 27000 | 24800 | 22700 | 2100 | |
| 25 | 19600 | 19900 | 20100 | 20100 | 19100 | 17700 | 17100 |
| 30 | | 14500 | 14700 | 14700 | 14800 | 14800 | 14200 |
| 35 | | | 11200 | 11300 | 11400 | 11400 | 11400 |
| 40 | | | 8800 | 8900 | 9000 | 9000 | 9000 |
| 45 | | | | 7200 | 7300 | 7300 | 7300 |
| 50 | | | | 5800 | 5900 | 6000 | 6000 |
| 55 | | | | | 4800 | 4900 | 4900 |
| 60 | | | | | 4000 | 4000 | 4000 |
| 65 | | | | | | 3100 | 3100 |
| 70 | | | | | | | 2700 |
| 75 | | | | | | | 2200 |

Sumber: Construction planning, Equipment and Methods. 2013

Tabel 2.13 Kapasitas Angkat *Tower crane* (lb)

| <i>Jib</i> | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | Jangkauan Kait |
|-----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------|
| model | | | | | | | | |
| Maks. | | | | | | | | |
| Jangkauan kait | 104' | 123' | 142' | 161' | 180' | 199' | 218 | |
| | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 10'-3" |
| | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 88'-2" |
| | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 25800 | 94'-6" |
| | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 25800 | 24200 | 101'-0" |
| Untuk | 27600 | 27600 | 27600 | 27600 | 26800 | 24900 | 23400 | 104'-0" |
| <i>two-part</i> | | 27600 | 27600 | 27600 | 25200 | 23600 | 22200 | 109'-8" |
| <i>line</i> | | 27600 | 27600 | 25600 | 23300 | 21800 | 20500 | 117'-8" |
| <i>crane</i> | | 27600 | 27600 | 25100 | 22800 | 21300 | 20100 | 120'-0" |
| (<i>crane</i> | | 26300 | 26300 | 24300 | 22200 | 20700 | 19500 | 123'-0" |
| dengan | | | 24800 | 22800 | 20800 | 19300 | 18300 | 130'-0" |
| dua kabel | | | 22400 | 20700 | 18700 | 17400 | 16400 | 142'-0" |
| pada | | | | 19500 | 17600 | 16300 | 15400 | 150'-0" |
| kaitnya) | | | | 18800 | 16800 | 15700 | 14800 | 155'-0" |
| | | | | 17900 | 16200 | 15100 | 14200 | 161'-0" |
| | | | | | 15200 | 14200 | 13300 | 170'-0" |
| | | | | | 14200 | 13200 | 12400 | 180'-0" |
| | | | | | | 12300 | 11600 | 190'-0" |
| | | | | | | 11700 | 10800 | 199'-0" |
| | | | | | | | 10200 | 210'-0" |
| | | | | | | | 9700 | 218'-0" |

Lanjutan Tabel 2.13

| <i>Jib model</i> | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 | Jang- kauan Kait |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| Maks. Jangkauan kait | 100 ^{3/4} ' | 119 ^{3/4} ' | 138 ^{3/4} ' | 157 ^{3/4} ' | 176 ^{3/4} ' | 195 ^{3/4} ' | 214 ^{3/4} ' | |
| | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 13'-6" |
| | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 48'-9" |
| | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 51400 | 51'-0" |
| | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 51500 | 48500 | 53'-6" |
| | 55200 | 55200 | 55200 | 55200 | 51300 | 48300 | 45600 | 56'-6" |
| Untuk <i>for-</i> <i>part line</i> | 55200 | 55200 | 55200 | 50700 | 47100 | 44600 | 42100 | 60'-6" |
| <i>crane (crane</i> <i>dengan</i> | 46200 | 46200 | 46200 | 42800 | 19700 | 37400 | 35200 | 70'-0" |
| <i>empst kabel</i> <i>pada kaitnya)</i> | 39400 | 39400 | 39400 | 36500 | 34100 | 31900 | 29900 | 80'-0" |
| | 34600 | 34600 | 34600 | 31900 | 29700 | 17700 | 26100 | 90'-0" |
| | 30700 | 30700 | 30700 | 28200 | 26100 | 24100 | 22600 | 100'-9" |
| | | 27800 | 27800 | 25600 | 23600 | 21700 | 20300 | 110'-0" |
| | | 25400 | 25400 | 23200 | 21300 | 19600 | 18300 | 119'-9" |
| | | | 23100 | 21100 | 19300 | 17700 | 16400 | 130'-0" |
| | | | 21300 | 19400 | 17800 | 16300 | 15100 | 138'-9" |
| | | | | 17600 | 16200 | 14700 | 13400 | 150'-0" |
| | | | | 16400 | 15100 | 13800 | 12700 | 157'-9" |
| | | | | | 13600 | 12400 | 11400 | 170'-0" |
| | | | | | 12900 | 11800 | 10800 | 176'-9" |
| | | | | | | 11500 | 10600 | 180'-0" |
| | | | | | | 10700 | 9800 | 190'-0" |
| | | | | | | 10200 | 9300 | 195'-0" |
| | | | | | | | 9100 | 200'-0" |
| | | | | | | | 8300 | 210'-0" |
| | | | | | | | 8100 | 214'-9" |

Sumber: Construction planning, Equipment and Method., 2013.

Tabel 2.14 Berat *Counterweight* (lb)

| <i>Jib</i> | L1 | L2 | L3 | L4 | L5 | L6 | L7 |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 105-HP hoist unit AC | 37200 | 47600 | 50800 | 37200 | 40800 | 44000 | 54400 |
| 105-HP hoist unit AC | 34000 | 44000 | 47600 | 34000 | 40800 | 40800 | 40800 |

Sumber: Construction planning, Equipment and Methods. 2013

2.7 Cara Kerja *Tower Crane*

Cara kerja dari *tower crane* ini dapat dibagi atas 3 gerakan, yaitu :

a. Gerakan Angkat dan Turun (*Hoisting*)

Gerakan mengangkat dan menurunkan beban ini diatur oleh kerja elektro motor yang berfungsi memutar drum yang akan menggulung tali baja. Tali baja ini akan menggerakkan puli agar rumah puli yang diujungnya memiliki kait (*hook*) akan bergerak naik-turun. Beban yang akan dipindahkan digantungkan pada kait. Bila posisinya telah sesuai dengan yang dikehendaki maka gerakan drum ini akan dihentikan oleh operator dengan menarik tuas (*handle*) yang terhubung dengan rem.

b. Gerakan Jalan Mendatar (*trolley*)

Gerakan ini adalah gerakan *trolley* yang berjalan / berpindah dalam arah mendatar (*horizontal*) atau melintang. Gerakan ini diatur oleh elektro motor yang berfungsi untuk memutar drum untuk menggulung tali baja yang akan memutar puli sehingga *trolley* berjalan disepanjang rel yang terletak diatas girder dan boom. Gerakan ini dihentikan dengan memutuskan arus listrik pada elektro motor melalui tombol operator dan sekaligus rem bekerja.

c. Gerakan Berputar (*Slewing*)

Gerakan ini terjadi akibat putaran elektro motor yang memutar gigi *jib* sehingga *jib* dapat berputar ke arah kanan atau kiri dengan sudut 360° .

2.8 Pondasi

Pondasi adalah bagian dari suatu sistem struktur bawah (*sub structure*) yang menahan berat sendirinya dan seluruh beban gaya dari struktur atas, kemudian meneruskannya ke lapisan tanah dan batuan yang terletak di bawahnya. Suatu

perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Jika tegangan tekan melebihi tekanan yang diizinkan, maka dapat menggunakan bantuan pondasi tiang untuk membantu memikul tegangan tekan pada dinding dan kolom pada struktur bangunan.

2.9 Jenis-jenis Pondasi

Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah di sekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi. Menurut Gunawan (1991), secara umum pondasi dibagi menjadi dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam.

a. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal (*shallow foundation*) adalah pondasi yang mendukung beban secara langsung. Pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pendukung pada dasar pondasi terletak relatif jauh dari permukaan tanah/daya dukung tanah pada dasar bangunan lemah. Jika kedalaman dasar pondasi dari muka tanah adalah kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D = B$) maka disebut pondasi dangkal. Sistem pondasi dipakai pada lapisan tanah dasar yang baik letaknya tidak dalam serta gangguan air tanah atau air sungai dapat diatasi agar pondasi bisa dikerjakan dalam keadaan kering sehingga mutu pondasi akan lebih baik dan ekonomis. Pondasi dangkal meliputi pondasi telapak (*spread footing*) dan pondasi rakit (*raft/mat foundation*).

b. Pondasi Dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah dasar atau tanah keras yang terletak jauh dari permukaan. Jika kedalaman pondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar pondasi ($D > 5B$) maka disebut pondasi dalam. Pondasi dalam digunakan apabila tanah dasar sebagai tempat peletakan pondasi tidak mempunyai daya dukung yang cukup untuk menahan beban yang bekerja di atas, atau apabila tanah dasar tersebut letaknya sangat dalam. Pondasi dalam meliputi pondasi tiang (*pile footing*), pondasi sumuran (*well footing*) dan pondasi kaison (*caisson footing*).

2.9.1 Pondasi Tiang Pancang

Penggunaan pondasi tiang pancang didasarkan pada perhitungan adanya beban besar yang akan diterima pondasi sehingga penggunaan pondasi langsung tidak efektif lagi, dan juga didasarkan pada jenis tanah dan pada lokasi pondasi akan dibangun kondisinya relatif lunak (lembek) sehingga penggunaan pondasi langsung tidak ekonomis. Secara umum pemakaian pondasi tiang pancang dipergunakan apabila tanah dasar dibawah bangunan tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan, dan juga letak tanah keras yang memiliki daya dukung yang cukup untuk memikul berat dari beban bangunan terletak pada posisi yang sangat dalam.

a. Daya Dukung Tiang

Daya dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung/memikul beban. Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity*.

b. Daya Dukung Ultimit Cara Statis

Daya dukung ultimit netto tiang (Q_u) adalah jumlah dari tahanan ujung 4 bawah ultimit (Q_b) dengan tahanan gesek ultimit (Q_s) antara dinding tiang dan tanah disekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang (W_p). Bila dinyatakan dalam persamaan, maka:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \quad [2.80]$$

Dimana: W_p = berat sendiri tiang (kN)

Q_u = kapasitas dukung ultimit netto (kN)

Q_b = tahanan ujung bawah ultimit (kN)

Q_s = tahanan gesek ultimit (kN)

c. Daya Dukung Tiang Pada Tanah Non Kohesif/Granuler

- Daya Dukung/Tahanan Ujung Batas

Pada tanah granuler tidak mempunyai kohesi ($c = 0$) dan diameter tiang relative kecil dibandingkan dengan panjangnya sehingga suku persamaan c_b . $N_c = 0$ dan $0,5 \cdot \gamma_d \cdot N_\gamma$ dapat diabaikan sehingga:

$$Q_b = A_b \cdot p_b \cdot N_q \quad [2.81]$$

Dimana: Q_b = daya dukung ujung batas.

A_b = luas penampang ujung.

p_b = tekanan overburden.

N_q = faktor daya dukung.

- Daya Dukung/Tahanan Gesek Batas

Daya dukung/tahanan geser satuan q_s atau f_s terjadi bila tegangan geser sepanjang tiang–tanah melebihi kuat geser. Hal ini memerlukan perpindahan

(*displacement*) hanya 5–10 mm. Tahanan geser batas antara tiang dengan tanah non kohesif (pasir) dapat ditulis berdasarkan persamaan umum diatas. Tanah non kohesif/granular adalah lolos air maka analisis didasarkan tinjauan tegangan efektif:

$$Q_s = \Sigma A_s \cdot K_d \cdot \tan \delta \cdot P_o \quad [2.82]$$

Dimana: A_s = luas selimut tiang

K_d = koefisien tekanan tanah yang bergantung pada kondisi tanah

$\delta = \frac{2}{3} \cdot \phi$ = sudut gesek antara dinding tiang dan tanah

P_o = tekanan vertikal efektif rerata di sepanjang tiang yang besarnya sama dengan tekanan overburden efektif untuk $z \leq z_c$ dan sama dengan tekanan vertikal kritis untuk $z \geq z_c$.

- Daya Dukung Terhadap Gaya Tarik

Untuk menghitung kapasitas tarik tiang digunakan metode Coyle dan Castello (1981).

$$T_a = \frac{Q_s}{5} + (0,9 \cdot W_{tiang}) \quad [2.83]$$

Dimana: Q_s = daya dukung gesek batas

W_{tiang} = berat tiang yang tertanam dalam tanah

- Daya Dukung Terhadap Gaya Lateral

Kapasitas momen tiang didasarkan dari momen pengangkatan tiang. Sedangkan kapasitas tanah pendukung didasarkan pada rumus berikut ini:

$$M_{max} = \gamma' x d x l^3 x K_p \quad [2.84]$$

Dimana: γ' = Berat volume tanah (saturated) lapisan tanah asli

d = Diameter tiang pancang

l = Panjang tiang dibawah pile cap

K_p = Koefisien tekanan tanah pas

ϕ = Sudut geser

$$f = 0,82 \sqrt{\frac{H}{d.K_p.y}} \quad [2.85]$$

Dimana:

$$Hu = \frac{2 My}{e + \frac{2f}{3}} \quad [2.86]$$

- Efisiensi Tiang

Menurut Vesic (1976), pada tiang yang dipancang pada tanah granuler, kapasitas kelompok tiang lebih besar daripada jumlah kapasitas masing-masing tiang didalam kelompoknya. Keadaan ini menyebabkan efisiensi kelompok tiang cenderung lebih besar dari 1 (>100%).

2.9.2 Pondasi Tiang Bor

Jika tiang pancang dipasang dengan cara dipukul ke dalam tanah, tiang bor dipasang ke dalam tanahh dengan cara mengebor tanah terlebih dahulu,baru kemudian dimasukkan tulangan yang telah dirangkai ke dalam lubang bor dan 5 kemudian dicor beton.

a. Daya Dukung Tiang Pada Tanah Non Kohesif/Granuler

- Daya Dukung Ujung Tiang

Daya dukung ujung tiang untuk tanah granuler berdasarkan metode Poulos dan Davis (1980):

$$Q_b = A_b.p_b'.N_q \quad [2.87]$$

Dimana: p_b' = tekanan vertikal efektif pada ujung tiang (kN/m^2)
 N_q = faktor kapasitas dukung
 A_b = luas dasar tiang bor
 Q_b = daya dukung ujung tiang.

- Daya Dukung Gesek Tiang

Tahanan gesek satuan tiang bor dalam pasir dinyatakan oleh:

$$f_s = \beta \cdot p_o \quad [2.88]$$

$$\beta = K \cdot \text{tg } \delta \quad [2.89]$$

Atau koefisien β juga dapat dihitung dengan menggunakan persamaan yang disarankan oleh Reese dan O'Neill (1989):

$$\beta = 1,5 - 0,245 \sqrt{N_{60}} \text{ dengan } 0,25 \leq \beta \leq 1,2 \text{ atau}$$

$$\beta = (1,5 - 0,245 \sqrt{N_{60}}) \text{ untuk } N_{60} \leq 15 \quad [2.90]$$

Dimana: f_s = tekanan gesek satuan (kN/m^2)

p_o = tekanan overburden di tengah-tengah lapisan tanah
 (kN/m^2)

δ = sudut gesek antara tanah dan tiang Sehingga:

$$Q_s = A_s \cdot \beta \cdot P_o \quad [2.91]$$

b. Daya Dukung Aksial Tiang

Daya dukung aksial tiang terdiri dari daya dukung ujung dasar tiang dan daya dukung gesek permukaan keliling tiang, dikurangi berat sendiri tiang dengan rumusan:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W \quad [2.92]$$

$$Q_{ijin} = \frac{Q_b + Q_s}{F} - W \quad [2.93]$$

Dimana: Q_u = Daya dukung batas tiang

- Qb = Daya dukung batas dasar tiang
- Qs = Daya dukung batas gesekan tiang
- F = Faktor keamanan tiang ($F = 3$)
- W = Berat sendiri

2.10 Metode Pelaksanaan Pemasangan *Tower Crane*

Berdasarkan penelitian dan hasil survei yang telah dilakukan dilapangan, metode yang digunakan dalam pemasangan *tower crane* ini adalah dengan menggunakan metode kerja. Maksud dari metode ini adalah penjabaran tata cara dan teknik pelaksanaan pekerjaan yang menggunakan inti dari seluruh kegiatan dalam sistem manajemen konstruksi. Dengan metode kerja ini, pemasangan *tower crane* dilakukan langsung di tempat yang sudah ditentukan dengan beberapa hal yang harus diperhatikan, baik tata cara atau teknik pelaksanaannya. Berikut beberapa langkah metode kerja dalam pelaksanaan pemasangan *tower crane* yaitu:

a. Pemasangan anchor atau pondasi

Tahap awal dalam mendirikan sebuah *tower crane* adalah pemasangan pondasi. Sebelum pemasangan pondasi, terlebih dahulu tiang bor berupa *bore pile* dimasukkan kedalam tanah sesuai titik yang sudah di tentukan. Kemudian dilakukan penanaman *fine angle* dan *base section* kedalam lubang pondasi dan setelah itu dilakukan pengecoran menggunakan campuran beton pada pondasi tersebut.

b. Pemasangan *section mast*

Dalam pemasangan tiang *crane*, dapat dilakukan dengan bantuan penggunaan mesin hidraulik menggunakan *mobile crane*. *Mobile crane* akan

mengangkat tiang *crane* dan menempatkannya diatas *base section* yang sudah terpasang sebelumnya. Kemudian dipasangkan baut untuk mengikat *tiang crane* yang telah dipasang diatas *base section* agar *crane* dapat berdiri kokoh dan kuat. Selanjutnya dalam melakukan jack up dan menambahkan ketinggian tiang *crane* diperlukan mesin hidrolik untuk mendongkrak dan kemudian *mobile crane* mengangkat tiang *crane* yang akan dipasangkan ke tiang *crane* yang telah dipasangkan sebelumnya.

c. Pemasangan *climbing crane*

Setelah pemasangan *section mast*, selanjutnya dilakukan pemasangan *climbing crane* berupa tangga *crane* sebagai jalan untuk naik turunnya operator dalam mengoperasikan *tower crane* yang digunakan untuk *self assembly*.

d. Pemasangan meja *slewing* dan kabin operator

Selanjutnya dilakukan pemasangan meja *slewing* dan sekaligus pemasangan kabin operator sebagai tempat operator dalam mengoperasikan *tower crane* dalam mengangkat bahan material.

e. Pemasangan *counter jib*

Pada taha ini, akan dilakukan pemasangan *counter jib* atau lengan penyeimbang. Kemudian pada *counter jib* tersebut di letakkan satu buah batu *ballast* atau *counter weight* dengan bobot sebesar 4 ton sebagai beban penyeimbang terhadap lengan *tower crane* yang akan dipasang pada tahap selanjutnya.

f. *Top* atau *head tower*

Pemasangan *top tower crane* ini akan menjadi bagian puncak dari *tower crane*.

g. Pemasangan *jib crane* atau lengan *crane*

Pada pemasangan lengan *crane* ini, dilakukan bersamaan dengan pemasangan *tie bar*, motor penggerak, dan *trolley*. Setelah pemasangan lengan *crane* telah selesai dilakukan, selanjutnya *counter weight* ditambahkan kembali di *counter jib* sebanyak 4 buah dengan berat masing-masing *counter weight* sebesar 3 ton.

h. Pemasangan *sling hoist*

Tahap terakhir adalah pemasangan *sling hoist* atau tali kait *crane* dan juga pemasangan *hook* atau kait. *Seling hoist* ini kemudian langsung dipasang ke *hook* yang teletak di ujung pada lengan *tower crane*.

Setelah pemasangan setiap komponen *tower crane* selesai, perlu dilakukan pengecekan kembali untuk mengetahui adanya kemungkinan kesalahan dalam pemasangan komponen *tower crane* untuk menghindari hal-hal yang tak diinginkan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Penelitian ini berupa metode pelaksanaan pemasangan *tower crane* pada proyek pembangunan *living plaza* medan untuk pekerjaan konstruksi pada proyek bangunan bertingkat. Metodologi tugas akhir ini akan dimulai berdasarkan jenis data dan tahapan pelaksanaan.

3.2 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.2.1 Data Lokasi dan Fungsi Bangunan

Berikut data-data atau informasi tentang metode pelaksanaan pemasangan *tower crane* pada proyek pembangunan *living plaza* medan yang dijadikan topik Laporan Tugas Akhir oleh penulis yaitu:

| | |
|---------------------------------|---|
| Nama proyek | : Pembangunan Living Plaza Medan |
| Lokasi Proyek | : Jl. Komp. Cemara Asri, Medan Estate, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Kota Medan |
| Type <i>tower crane</i> | : FO/23B (<i>Sichuan Construction Machinery</i>) |
| Maksimal angkut | : 10 ton |
| <i>Jib lenght</i> | : 50 m |
| Tinggi tiang <i>tower crane</i> | : 35.6 m |
| Fungsi Bangunan | : Tempat perbelanjaan yang terdiri dari berbagai macam toko dan aneka penjualan. |

3.2.2 Peta Lokasi

Proyek Pembangunan Living Plaza Medan ini dibangun di atas lahan seluas 400 m² dengan desain interior yang menarik dan di kelilingi bangunan-bangunan bertingkat serta berada tepat disebelah Komplek Cemara Asri Medan yang merupakan lokasi investasi yang sangat strategis di Jl. Cemara Asri Boulevard Raya.



Gambar 3.1 Denah Lokasi Proyek Pembangunan Gedung *Living Plaza Medan*
Sumber: Earth.google.com

3.3 Peralatan Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan alat tulis, meteran untuk mengukur, alat pelindung diri seperti sepatu *safety*, kamera/*handphone* untuk dokumentasi, komputer/laptop untuk menganalisis dan lain sebagainya untuk menunjang pelaksanaan di lapangan dan hal-hal yang berhubungan dengan peralatan berat *tower crane* agar dapat mengetahui definisi, cara kerja, bagian-bagian, mekanisme kerja, dan pemasangan peralatan berat *tower crane* di lapangan/proyek.

3.4 Metode Penelitian

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Adapun metode penelitian yang digunakan pada tugas akhir metode pelaksanaan pemasangan dan perhitungan struktur *tower crane* ini, antara lain metode survei yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung keadaan lapangan sesungguhnya. Data yang diperoleh dari kegiatan survei ini disebut data primer. Dan Studi pustaka diperlukan sebagai acuan penelitian setelah subyek ditentukan. Studi pustaka juga merupakan landasan teori bagi penelitian yang mengacu pada buku petunjuk penggunaan alat berat *tower crane*, pendapat atau teori yang berhubungan dengan penelitian dan lain-lain sehingga dapat dipelajari dan diketahui cara penggunaan dan perhitungan struktur dari alat berat yang digunakan. Studi pustaka ini juga termasuk data primer. Data primer adalah data utama yang diperoleh dengan cara observasi langsung ke lapangan.

3.5 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini diperlukan data-data pendukung dan dilakukan penyusunan data-data apa saja yang dibutuhkan dapat dijadikan sumber data. Untuk melakukan perhitungan komponen *tower crane* dan perhitungan pondasi *tower crane* serta metode yang digunakan dalam pemasangan *tower crane*, dilakukan pengumpulan data pada Proyek Pembangunan *Living Plaza Medan*. Data yang digunakan dalam hal ini yaitu:

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan. Data primer yang diperoleh antara lain melakukan survei langsung

dengan *planning engineer*, yaitu untuk mengetahui metode kerja penggunaan *tower crane* mulai dari perencanaan, pemasangan, dan *jacking-up* serta dokumentasi berupa foto lapangan.

b. Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung atau dari catatan di kantor proyek. Data ini diperoleh dari tim *engineering* proyek dan kantor pusat *living plaza* medan, PT. Tamoratama Prakasa. Data sekunder yang digunakan antara lain gambar struktur proyek, bestek pondasi *tower crane*, dan brosur *tower crane* yang digunakan.

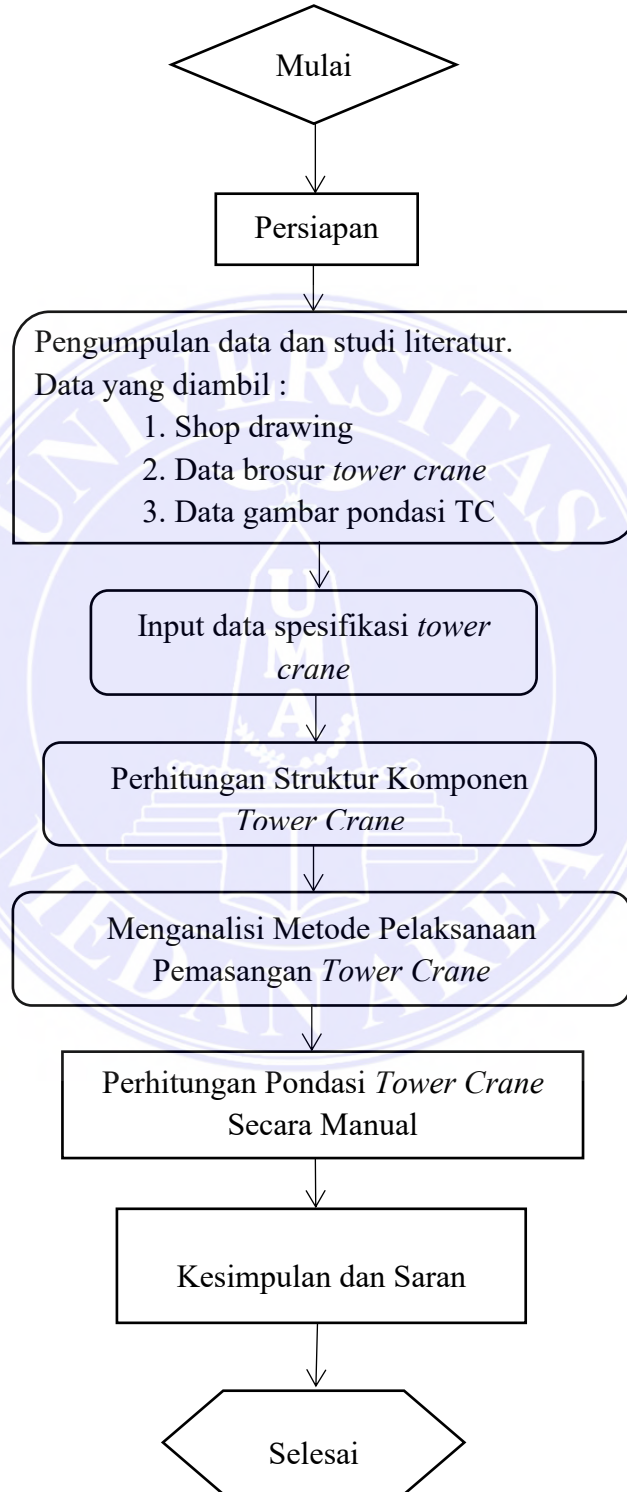
3.6 Pengolahan Data

Pada tahap ini berupa perhitungan dan pengolahan data dilakukan secara manual melalui proses pengolahan data-data yang diperoleh, baik data primer maupun data sekunder. Pengolahan data meliputi:

- a. Membuat dan menyusun data spesifikasi tentang *tower crane*
- b. Menganalisis perencanaan pemasangan *tower crane* di proyek mulai dari pemasangan, *jacking-up* dan saat operasionalnya dan menganalisis metode yang dibutuhkan untuk melaksanakan kegiatan pemasangan *tower crane*.
- c. Melakukan perhitungan pada struktur *tower crane* melalui data yang di peroleh kemudian diolah dan dianalisis sesuai dengan kebutuhannya.
- d. Selanjutnya dilakukan perhitungan pada struktur pondasi *tower crane* dari dari data yang diperoleh untuk diolah dan dilakukan perhitungan secara manual sesuai dengan yang di rencanakan.

3.7 Bagan Alir (*Flow Chart*)

Tahapan kerja berikut, dimulai dengan identifikasi masalah dan diakhiri dengan penyelesaian, diperlukan untuk memudahkan pengerjaan riset ini:



Gambar 3.2 Bagan Alir Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan melalui analisa pemeriksaan dan perhitungan data dari survei dilapangan dengan spesifikasi tugas yang telah dilakukan serta standar yang ada dalam perencanaan *tower crane*, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

a. Spesifikasi *Tower Crane*

- Jenis *tower crane* : *Tower Crane Type FO/23B-SCM*
- Kapasitas angkat : 10 ton
- Radius jangkauan : 50 meter
- Tinggi angkat : 35.6 meter

Telah didapat spesifikasi struktur komponen *tower crane* yang sesuai dan aman digunakan.

- b. Melalui analisis dan perhitungan data pada gaya batang akibat beban dan berat sendiri, dapat diperoleh hasil dan disimpulkan bahwa pengangkatan beban maksimum yang diijinkan pada lengan *tower crane* adalah sejauh jarak 17 meter. Apabila melebihi jarak yang ditentukan maka lengan akan mengalami patah.
- c. Metode yang digunakan dalam pelaksanaan pemasangan *tower crane* adalah metode kerja, yaitu metode dengan penjabaran tata cara dan teknik pelaksanaan pemasangan *tower crane* yang langsung dilakukan di tempat kerja pemasangan *tower crane* yang sudah ditentukan.

- d. Perhitungan secara manual yang dilakukan pada struktur pondasi *tower crane* menghasilkan kontrol terhadap momen geser sebesar 56622,036 KN dan terlihat aman digunakan karna maksimum momen geser yang bekerja masih besar dari syarat yang ditentukan yaitu sejauh 4627,783 KN serta hasil daya dukung pile pada gaya tarik 1,6 dan gaya tekan 2,8 lebih besar dari nilai *safety* > 1,5 sehingga menunjukkan hasil yang aman untuk digunakan.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat penulis disampaikan sebagai berikut:

- a. Sebelum menganalisis dan menghitung data, penulis menyarankan pembaca untuk menguasai terlebih dahulu konsep perhitungan komponen-komponen *tower crane*.
- b. Dalam menghitung jarak maksimum yang diperbolehkan dalam mengangkat beban maksimum perlu mengetahui atau memahami gaya-gaya batang pada lengan *tower crane* agar letak jarak yang akan dihitung pada lengan *tower crane* dapat dianalisis secara tepat.
- c. Ketika menghitung pondasi *tower crane* perlu mengetahui atau memahami struktur pondasi yang akan dibangun kedalam tanah tempat berdirinya *tower crane*, sehingga perhitungan pondasi dapat dihitung secara tepat.
- d. Dari data yang tersedia baik data lapangan maupun dari hasil perhitungan manual sudah mencukupi untuk melanjutkan analisa terhadap struktur komponen *tower crane*, jarak maksimum dan struktur pondasi dengan menggunakan SAP 2000 maupun ETABS. Namun penulis tidak melanjutkan analisa sampai tahap tersebut, dikarenakan batasan masalah dalam tugas akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmegid, M. A., Khaled, M. S., and Abdel, H. 2015. GA Optimization Model For Solving Tower crane Location Problem In Construction Sites. Alexandria Engineering Journal (2015) 54, 519-526.
- Abrar, D., and Syafri. 2018. Analisis Kapasitas Angkat dan Gaya-Gaya yang Bekerja pada Lengan Tower Crane Jaso Tipe J240. Jur. F. Tek., vol. (2)5:1-4.
- Asiyanto. 2008. Manajemen Alat Berat Untuk Konstruksi. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Beer, F., and Johnston, P. 1996. Mekanika Untuk Insinyur. Erlangga, Jakarta.
- Day, D.,A. 1991. Construction Equipment Guide. John Willey & Sons, Inc New York. 2nd Edition.
- Hardiyatmo, C. H. 2018. Analisis dan Perancangan Fondasi I. Cetakan ke-3, Edisi ke-3. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Putra, T. 2009. Perancangan Tower Crane dengan Kapasitas Angkat 6 Ton, Tinggi Angkat 45 Meter, Radius 55 Meter, untuk Pembangunan Gedung Bertingkat. Skripsi Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Rudenko, N. 2018. Mesin Pengangkat. Erlangga, Jakarta.
- Rostiyanti, F. S. 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Cetakan I, Edisi ke-2. Rineka Cipta, Jakarta.
- Surendro, B. 2015. Rekayasa Fondasi. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Setiawan, A. 2015. Analisis Struktur. Erlangga, Jakarta.
- Sosrodarsono, S., dan Nakazawa. 2000. Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi. PT Pradnya Paramita, Jakarta.

Wilopo, D. 2011. Metode Konstruksi dan Alat-alat Berat. Universitas Indonesia
(UI-Press), Jakarta.







P T TAMORATAMA PRAKARSA
Jl. Raya Medan – Lubuk Pakam Km. 19
Tanjung Morawa – Deli Serdang - Indonesia
Phone : (061) 7940410 7942627 7946682
Fax : (061) 7946682

SURAT KETERANGAN
NOMOR : 019/SK-KP/XI/2020

1. Yang bertanda tangan di bawah ini :

- a. Nama : Julius
b. Jabatan : Project Manager

dengan ini menerangkan bahwa :

- a. Nama : Pilihan Agus Ndruru
b. NIM : 168110069
c. Fakultas : Teknik
Universitas Medan Area (UMA)
d. Jurusan : Teknik Sipil
e. Bahwa : Mahasiswa tersebut benar telah selesai melaksanakan Penelitian dan Pengambilan Data Tugas Akhir di Project Living Plaza, selama 3 bulan terhitung mulai dari tanggal 3 Agustus 2020 s/d 3 November 2020.

2. Demikian Keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Medan, 7 November 2020
PT. Tamoratama Prakarsa



Julius
Project Manager

CC : Arsip

NUM



FO/23B

四川建設機械(集團)股份有限公司
SICHUAN CONSTRUCTION MACHINERY (GROUP) CO.,LTD

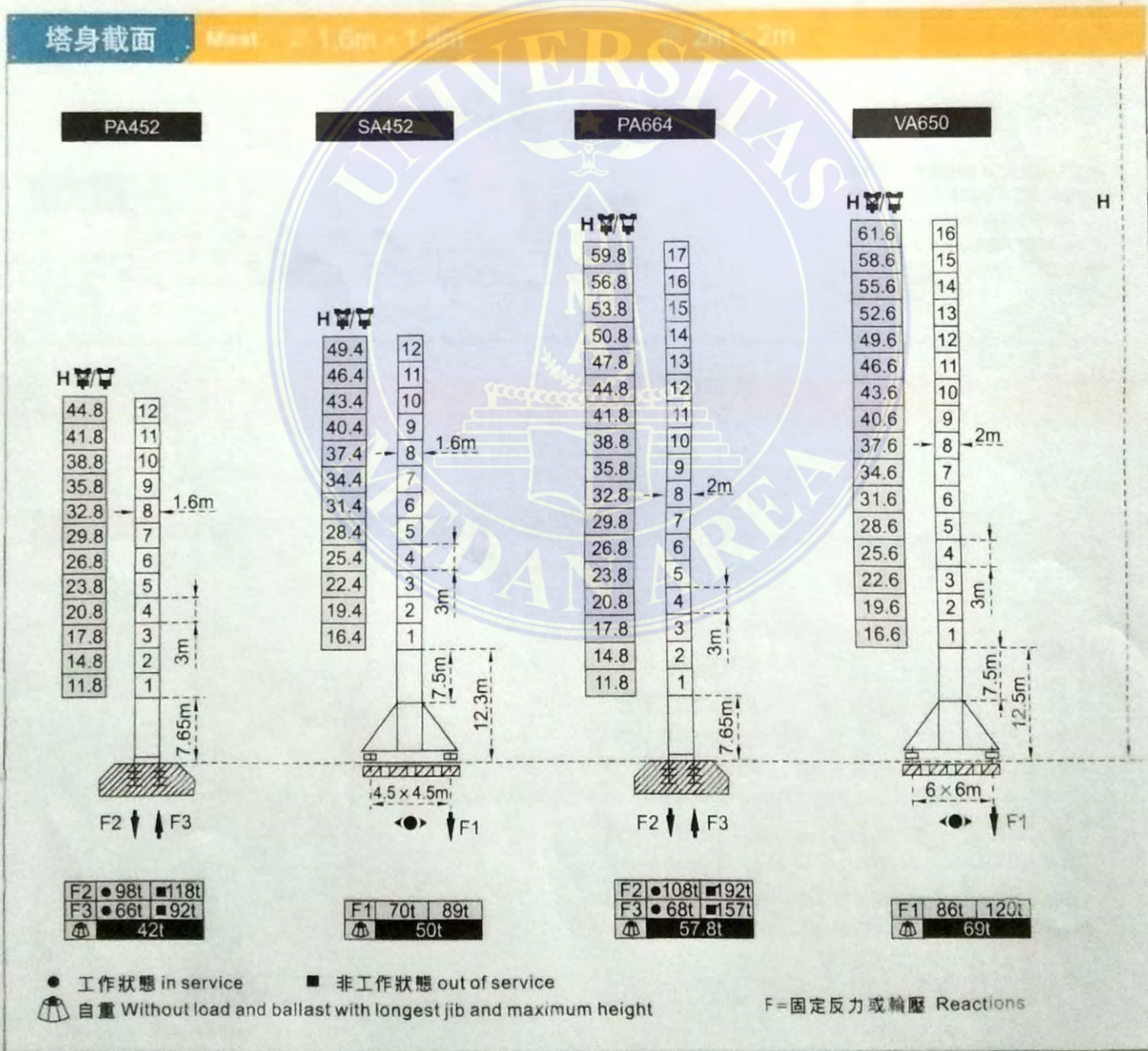
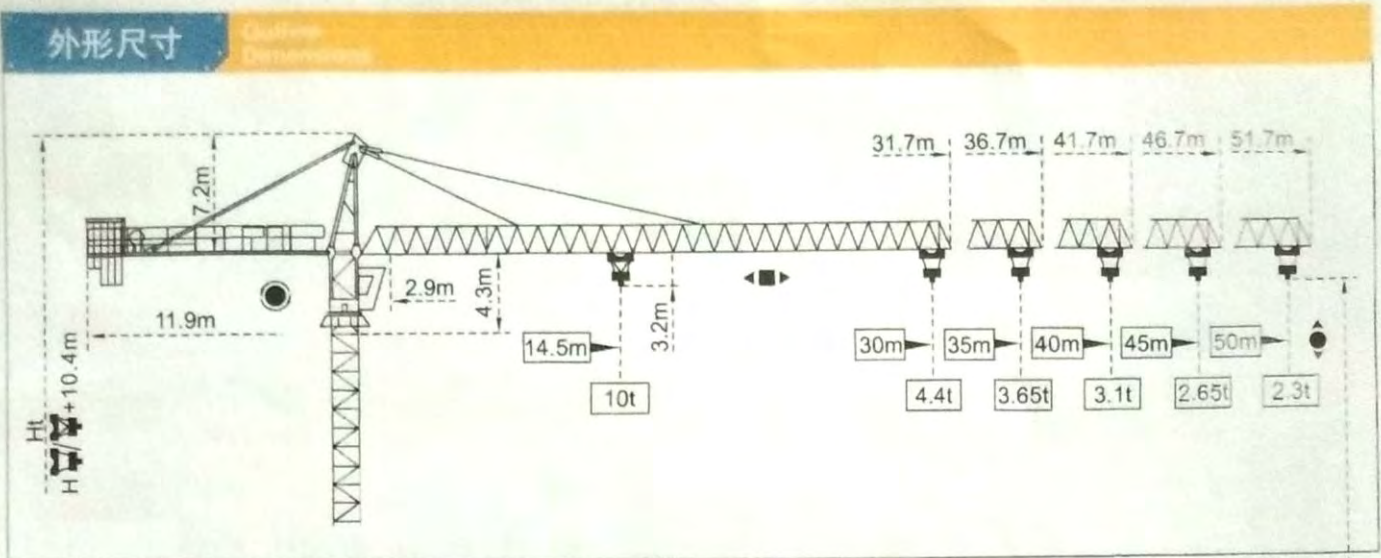
UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/5/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)25/5/23



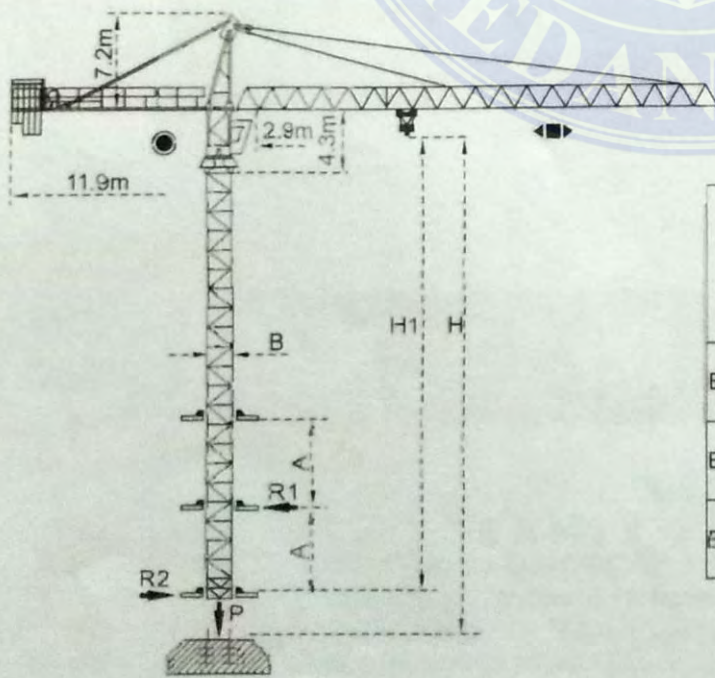
載荷特性

臂 Jib



標準小車可使用2/4倍率繩。(使用四倍率繩時,應從二倍率的載荷中減去0.2噸)。Standard trolley 2/4 fall (when using 4:1 fall, subtract 0.2t from the loads)

內爬機型



| 內爬機型 | 塔身斷面 B | 組合高度 H _i | 頂升樁間距 | | 支座反力 | | | 自重 |
|-------|--------|---------------------|------------------|------------------|-------|----------------|----------------|-----|
| | | | A _{min} | A _{max} | P | R ₁ | R ₂ | |
| BA476 | 1.6m | 35.6m | 7m | 11m | 63.5t | 18.7t | 16.7t | 41t |
| BA479 | 1.6m | 43.3m | 12m | 19m | 69.6t | 18.6t | 15.9t | 50t |
| BA675 | 2m | 53.6m | 16m | 21m | 75t | 27.9t | 14.7t | 59t |

| 機構特性 | | | | | | | |
|------------------|----------------|-------------------------------|-------|----------------------|--------------------|-----------------|-----------|
| 名稱 Name | 機構代號 Model | 工作速度m/min Operating speeds | | 起重量t Hoist weight | 纜繩量 Rope length | 電動機 Motor | |
| | | | | | | Hp | kW |
| 起升 Hoisting | 70RCS25 ↑↓ | 雙繩 2 fall | 0-50 | 5 | 486m >486m★ | 70 | 2×51.5 |
| | | | 0-100 | 2.5 | | | |
| | | 四繩 4 fall | 0-25 | 10 | | | |
| | | | 0-50 | 5 | | | |
| | 75LVF25R ↑↓ | 雙繩 2 fall | 0-50 | 5 | 550m >550m★ | 75 | 55 |
| | | | 0-100 | 2.5 | | | |
| 四繩 4 fall | | 0-25 | 10 | | | | |
| | | | 0-50 | 5 | | | |
| 變幅 Trolleying | X96 ◀▶ | 15-38-58 | | | | 堵轉力矩 95N.m | |
| 回轉 Slewing | OMD45 ● | 0-0.7r/min | | | | 2×6 | 2×4.4 |
| | RCV95 ● | 0-0.7r/min | | | | | 2×95N.m |
| | 9RVF ● | 0-0.7r/min | | | | 堵轉力矩 2×95N.m | |
| 行走 Travelling | 18TVF ◀▶ | 0-25 | | | | 4×3.4 | |
| | RT443 ◀▶ | 0-12.5-25 | | | | 4×5 | 4×1.7/3.4 |

★ 根據用戶特殊要求提供
To be supplied according to client's specific requirements



四川建設機械（集團）股份有限公司
SICHUAN CONSTRUCTION MACHINERY (GROUP) CO.,LTD



PT. TOBAMIX FERRUMINDO
MANUFACTURING, CONTRACTOR, SUPPLIER, GENERAL TRADE
Jl. Mauk KM. 1.5 Tangerang - Indonesia
Telp. : (62-21) 6242173 Fax. (62-21) 6242172
email : ptkm@indo.net.id

2010年6月印刷

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 25/5/23

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)25/5/23

1.6m F0/23C

| C | ES | | | | | | HS | | | | | |
|--------|------|-------|--------|------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|--|
| | H | P | M | ET | R | | P | M | ET | R | | |
| | | | | | TRACT | COMP | | | | TRACT | COMP | |
| m | kg | mkg | kg | kg | kg | kg | mkg | kg | kg | kg | kg | |
| 1+0+1 | 8.8 | 51200 | 98596 | 1631 | 33740 | 59340 | 41200 | 72760 | 3988 | 24045 | 44645 | |
| 1+1+1 | 11.8 | 52350 | 102842 | 1764 | 35457 | 61632 | 42350 | 72760 | 4413 | 23757 | 44932 | |
| 1+2+1 | 14.8 | 53500 | 107486 | 1897 | 37362 | 64112 | 43500 | 72760 | 4838 | 23470 | 45220 | |
| 1+3+1 | 17.8 | 54650 | 112529 | 2030 | 39455 | 66780 | 44650 | 72760 | 6013 | 23182 | 45507 | |
| 1+4+1 | 20.8 | 58800 | 117970 | 2162 | 41736 | 69636 | 45800 | 72760 | 6438 | 22895 | 45795 | |
| 1+5+1 | 23.8 | 56770 | 123571 | 2284 | 44137 | 72522 | 46770 | 72760 | 6827 | 22652 | 46037 | |
| 1+6+1 | 26.8 | 57740 | 129537 | 2406 | 46711 | 65581 | 47740 | 72760 | 7362 | 22410 | 46280 | |
| 1+7+1 | 29.8 | 58710 | 135868 | 2527 | 49457 | 78812 | 48710 | 84478 | 7897 | 27699 | 52054 | |
| 1+8+1 | 32.8 | 59680 | 142563 | 2549 | 52374 | 82214 | 49680 | 108852 | 8432 | 38962 | 63802 | |
| 1+9+1 | 35.8 | 60650 | 149623 | 2770 | 55464 | 85789 | 50650 | 134832 | 8967 | 50982 | 76307 | |
| 1+10+1 | 38.8 | 61620 | 157047 | 2892 | 58727 | 89537 | 51620 | 162415 | 9502 | 63760 | 89570 | |
| 1+11+1 | 41.8 | 62590 | 164837 | 3013 | 62161 | 93456 | 52590 | 191603 | 10036 | 77295 | 103590 | |
| 1+12+1 | 44.8 | 63560 | 172990 | 3135 | 65767 | 97547 | 53560 | 222395 | 10571 | 91588 | 118368 | |
| 1+13+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+14+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+15+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+16+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+17+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+18+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+19+1 | | | | | | | | | | | | |
| 1+20+1 | | | | | | | | | | | | |

| C | 1.6m | | | | 2m | | | |
|--------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| | II | M81N | M101N | II | M101N | M142N | M126N | M169N |
| | m | PS | PS | m | PS | PS | PS | PS |
| 11011 | 8.8 | 1.22 | 0.97 | 8.8 | 1.99 | 1.07 | 0.90 | 0.86 |
| 11111 | 11.8 | 1.26 | 1.00 | 11.8 | 1.02 | 1.08 | 0.86 | 0.88 |
| 11211 | 14.8 | 1.30 | 1.02 | 14.8 | 1.04 | 1.04 | 0.86 | 0.90 |
| 11311 | 17.8 | 1.35 | 1.05 | 17.8 | 1.07 | 1.07 | 0.88 | 0.92 |
| 11411 | 20.8 | 1.40 | 1.09 | 20.8 | 1.11 | 1.09 | 0.90 | 0.94 |
| 11511 | 23.8 | 1.45 | 1.12 | 23.8 | 1.15 | 1.12 | 0.93 | 1.02 |
| 11611 | 26.8 | 1.51 | 1.15 | 26.8 | 1.19 | 1.16 | 0.96 | 1.07 |
| 11711 | 29.8 | 1.57 | 1.19 | 29.8 | 1.21 | 1.19 | 0.99 | 1.02 |
| 11811 | 32.8 | 1.64 | 1.23 | 32.8 | 1.28 | 1.21 | 1.02 | 1.05 |
| 11911 | 35.8 | 1.72 | 1.28 | 35.8 | 1.37 | 1.30 | 1.06 | 1.09 |
| 111011 | 38.8 | 1.00 | 1.40 | 38.8 | 1.61 | 1.46 | 1.20 | 1.20 |
| 111111 | 41.8 | 2.50 | 1.64 | 41.8 | 1.92 | 1.65 | 1.37 | 1.33 |
| 111211 | 44.8 | | 1.95 | 44.8 | 2.34 | 1.90 | 1.57 | 1.48 |
| 111311 | | | | 47.8 | 2.89 | 2.20 | 1.83 | 1.66 |
| 111411 | | | | 50.8 | | 2.59 | 2.16 | 1.87 |
| 111511 | | | | 53.8 | | | | 2.13 |
| 111611 | | | | 56.8 | | | | 2.46 |
| 111711 | | | | 59.8 | | | | 2.85 |
| 111811 | | | | | | | | |
| 111911 | | | | | | | | |
| 112011 | | | | | | | | |

B 怎样选择混凝土基础：

对于各种高度和各种型号塔机来说，最佳基础的选用取决于现场的地基承压力。

对于任何高度的塔机，按等于或低于现场地基承压力来选择基础。

安装固定支脚：

固定支脚安装不当会严重影响塔机使用(如塔身倾斜等)。

固定支脚的安装说明见 2—36 页。

基础的制作：

本说明书给出的图纸可保证各种情况下所需的最大压力。

B · HOW TO CHOOSE:

It is the permissible ground pressure of the site which determines, for the final height to be reached and for each type of machine, the best type of block to use. For any height, choose the block with a ground pressure equal to or lower than that of the ground of the site.

FITTING THE FIXING-ANGLES:

Bad fitting of the fixing-angles can lead to serious incidents using the machine (perpendicularity not respected, distortion of the mast assembly planes).

It is absolutely essential to use the fitting elements provided. Operating instructions are given as an indication on page 2—36

REALISATION OF THE BLOCKS:

The drawings effected by this Service Manual are justifiable for the maximum stresses given for each case.

2) 力 — 压力

C—塔机标准节组合

H—吊钩高度(m)见有关资料

P—重量

M—最大力矩

ET—剪力

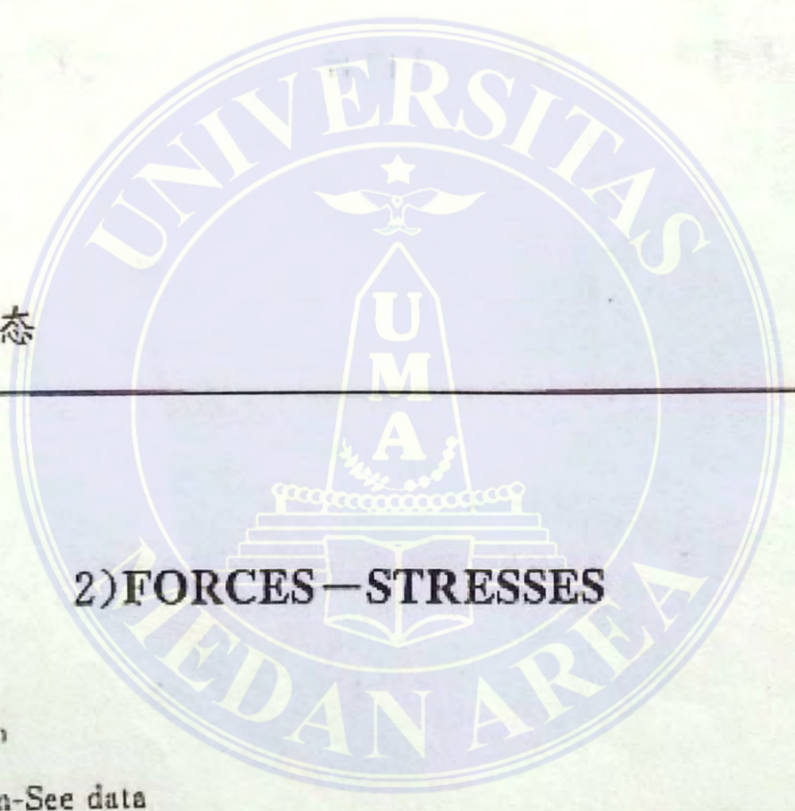
R—支座反力

TRACT—拉力

COMP—压力

ES—工作状态

HS—非工作状态



2) FORCES — STRESSES

C-Mast composition

H-Hook height in m-See data

P-Weight

M-Maximum moment

ET-Shearing stress

R-Stresses

TRACT-Tension

COMP-Compression

ES-In service

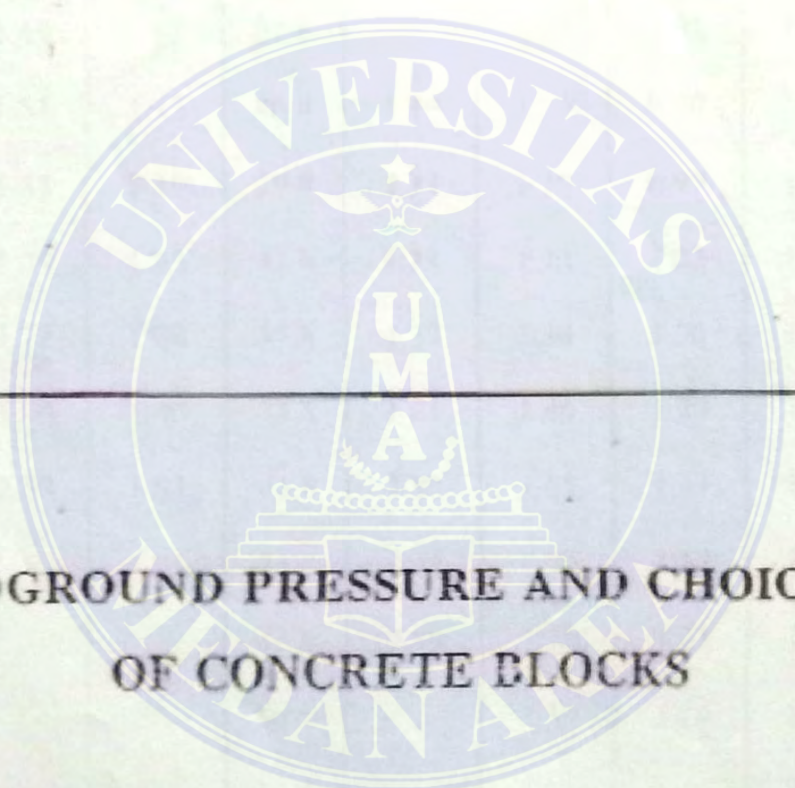
3) 地基承压力及基础选择

C—塔身标准节组合

H—吊钩高度(m)一见有关资料

PS—地基承压力($10\text{N}/\text{cm}^2$)

M—基础型号



3) GROUND PRESSURE AND CHOICE
OF CONCRETE BLOCKS

C-Mast composition

H-Hook height in m-See data

PS-Ground pressure in $10\text{N}/\text{cm}^2$

M-Type of concrete block

4) 固定支脚尺寸

固定支脚必须按混凝土基础中心线对称安装,并按塔身截面尺寸要求安装成 1.6m 或 2m 的正方形。

有两种形式的固定支脚:

—2m 塔身采用 $\angle 200 \times 20$ 角钢和 600×600 见方钢板等构件组成的固定支脚。

—1.6m 塔身采用 $\angle 180 \times 18$ 角钢和 500×500 见方钢板等构件组成的固定支脚。

无论以上哪种固定支脚都要保证鱼尾板的安装尺寸 150mm (见后图)

固定支脚应按电气要求正确接地。

4) DIMENSIONAL CHARACTERISTICS OF THE FIXING-ANGLES

The fixing angles must be fitted symmetrically in relation to the axes of the block and form a square of 1.6m or 2m according to the dimension of mast they are to receive.

There are two types of fixing angles:

-in $L200 \times 20$ plate of 600mm for 2m mast

-in $L180 \times 18$ plate of 500mm for 1.6m mast

In every case, respect the 150mm dimension of fish-plating of the fixing-angles.

Take care to earth them correctly.

5) 安 装 固 定 支 脚

安装固定支脚所需备件:

4 个固定支脚和 8 根销轴

1 个塔身标准节

1 个铅垂线或水平仪

将固定支脚和标准节装在一起

将固定支脚和标准节安放在加强钢筋上,并在固定支脚支板下用楔块调整固定支脚的位置。

塔身标准节在固定支脚安装完毕后,从两个方向检查其垂直度。

浇注混凝土,待其干硬后,拆下塔身标准节。

5) FITTING THE FIXING-ANGLES

The material necessary to perfectly anchor the fixing-angles comprises:

4 fixing-angles and 8 pins

1 standard mast section

a plumb line or sighting device

Assemble the fixing-angles with the mast.

Position the fixing-angle/mast assembly in the reinforcement and adjust it by wedging under the angle support plates

Fit the standard mast section on the fixing-angle and check perpendicularity in both directions.

Pour the concrete block and wait until it is completely dry before unfitting the mast section.

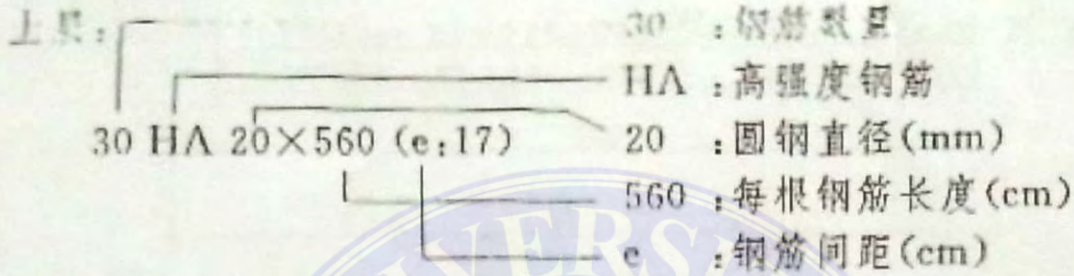
6) 说明与符号

混凝土基础举例: M81N

M: 混凝土基础

81N: 混凝土基础重量(吨)

混凝土基础的上、下层钢筋采用圆钢箍筋连接。每层钢筋又由两个交错层组成。



下层:

e_p : 圆钢— D : 密度— V : 体积(m^3)— L : 长度— I : 宽度— H : 高度(cm):

水泥最大含量为 $350kg/m^3$ —水泥质量: 425 或类似标号。

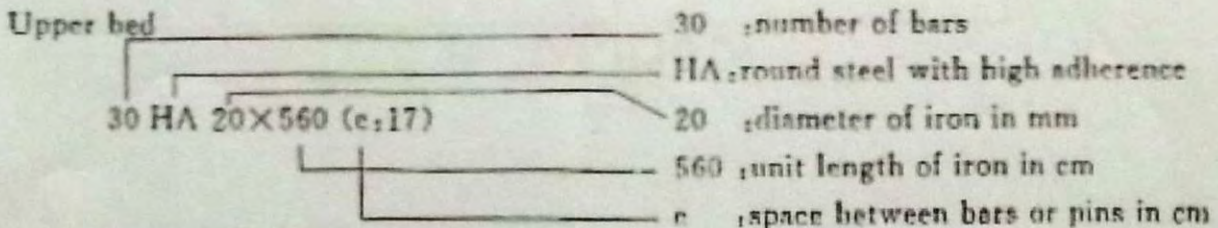
6. EXPLANATION AND SYMBOLS (Example)

Designation of a concrete block (M81N)

M: Concrete block

81N: Weight of the concrete block in tons.

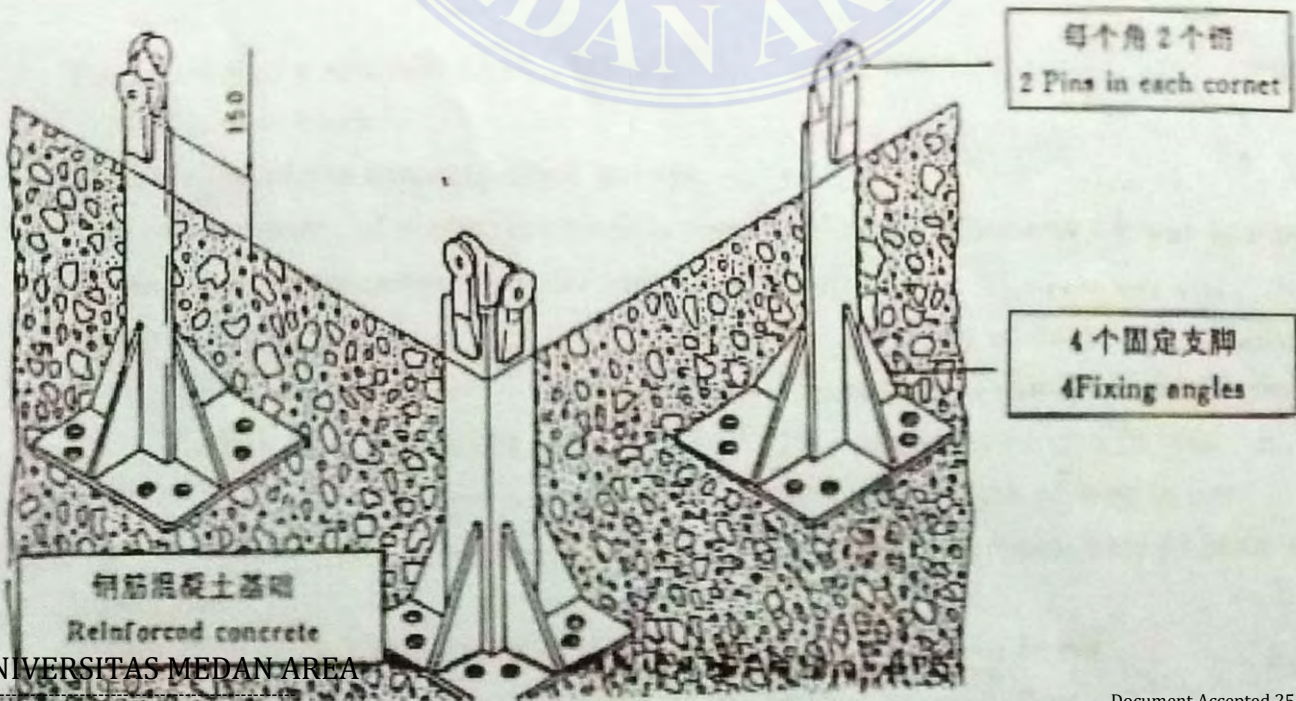
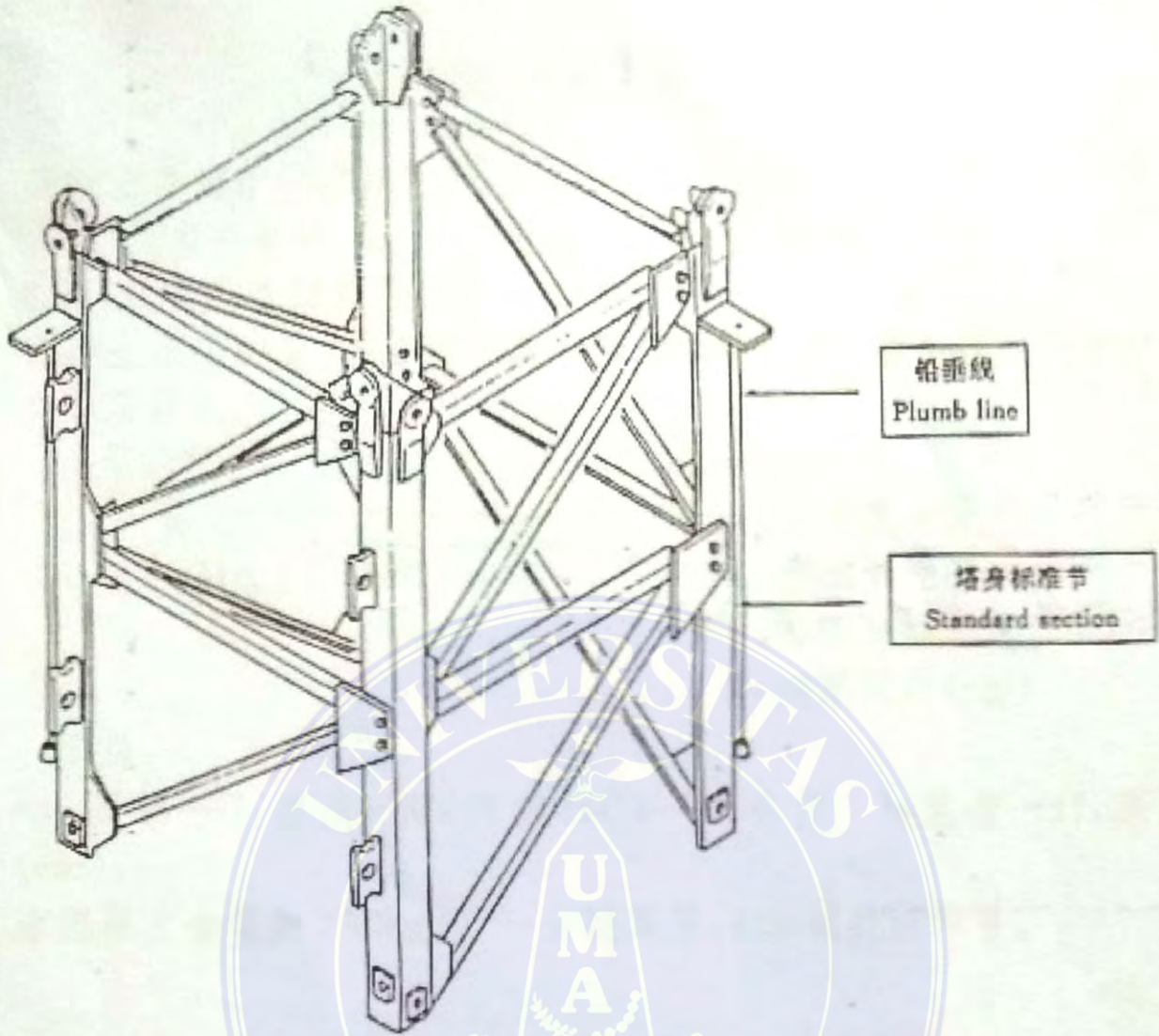
The reinforcement of a concrete block is composed of an upper and a lower connected by pins. Each layer comprises two crossed beds.

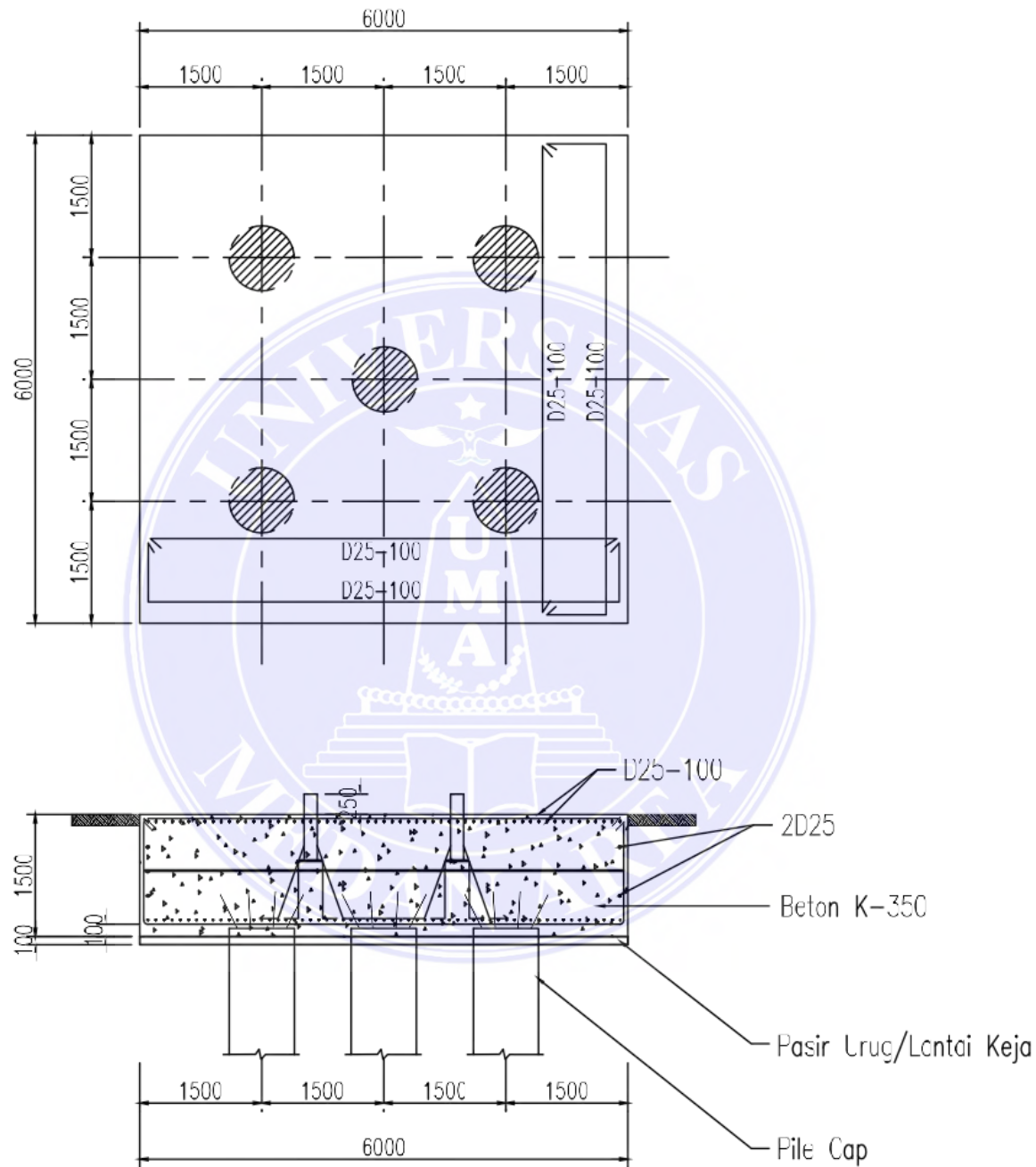


Lower bed

e_p : pin— D : density— V : volume in m^3 — L : length— I : width— H : height in cm

Concrete mixed for $350kg/m^3$ —Quality of cement: 425 or equivalent





UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

CAJARAN

MUJU BAHAN

BETON

BESI BETON

KONTRAKTOR WAJIB MEMPELAJARI GAMBAR ARSITEKTUR, STRUKTUR & MEP. JIKA DITEMUKAN PERBEDAAN MAKA WAJIB DISAMPAKAN KEPADA PERENCANA UNTUK MENDAPATKAN KEPASTIAN.

NO. REVISI TGL

PROJEK

KOMPLEK STRUKTUR

ANDA TANGAN

STRUKTUR I. R. ANWAR SUMAYATI
SKA REG. NO. 1.2.201.1.025.00.1005544

KONTRAKTOR

Jln. BrgJend Katamso
No. 162/80 CC-DU-Et

TANDA TANGAN

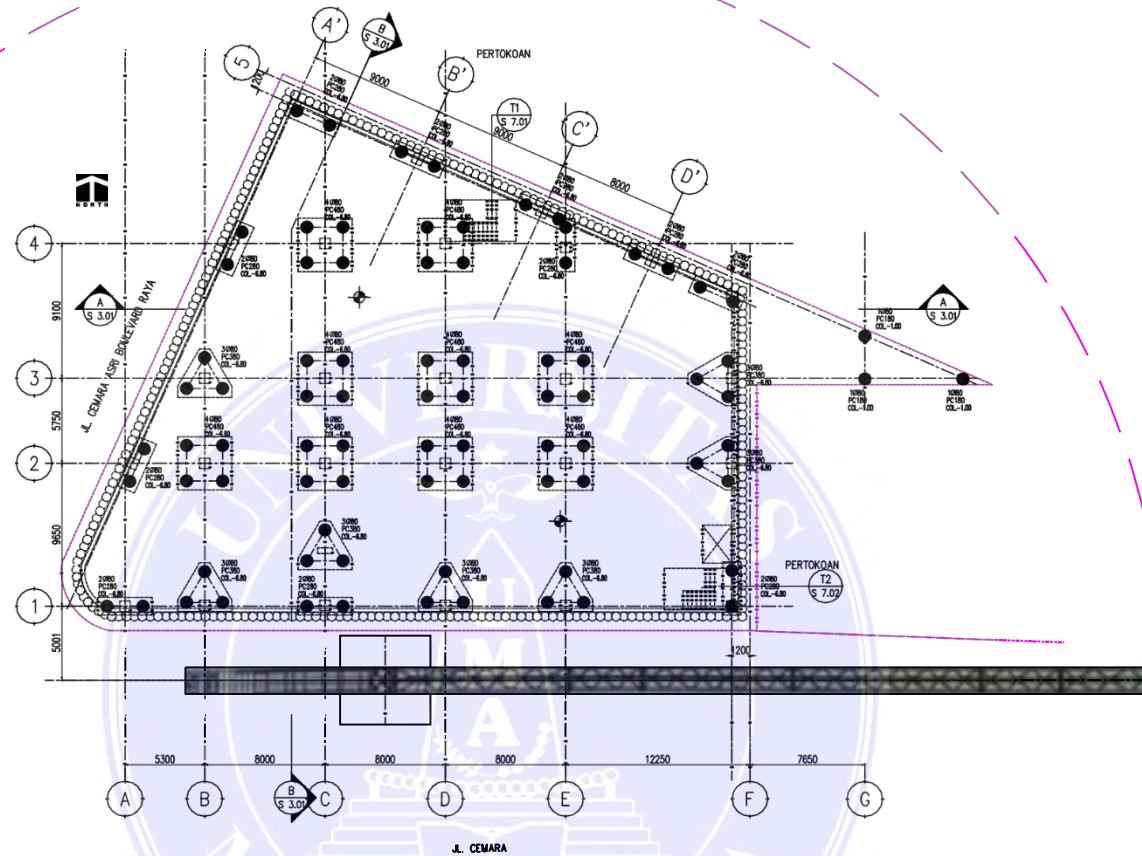
STRUKTUR JULIUS

SKA REG. NO.

JUDUL GAMBAR

NO. GAMBAR REVISI


Document Accepted 25/5/23



CATATAN
 MUTU BAHAN
 BETON
 BESI BETON
 KONTRAKTOR WAJIB MEMPELAJARI
 GAMBAR ARSITEKTUR, STRUKTUR & MEP.
 JIKA DITEMUKAN PERBEDAAN MAKA
 WAJIB DISAMPAIKAN KEPADA PERENCANA
 UNTUK MENDAPATKAN KEPASTIAN.

PROJEK
 NOMBOR STRUKTUR

ANDA IANJAN
 STRUKTUR Ir. R. ANWAR SURYATA
 SKA REG. NO. 1.2.201.1.025.09.1005544

KONTRAKTOR

 Jln. Brigjend Katamso
 No. 162/80 CC-DD-EE

| | |
|--------------|--------|
| TANDA TANGAN | |
| STRUKTUR | JULIUS |
| SKA REG. NO. | |

JUDUL GAMBAR

| | |
|------------|--------|
| NO. GAMBAR | REVISI |
| | |

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

DOKUMENTASI



Gambar 1 Pemasangan *Jib Tower Crane*



Gambar 2 Pemasangan Kait pada *Tower Crane*



Gambar 3 Tampak *Tower Crane* dari Bawah



Gambar 4 Pemasangan Komponen *Tower Crane* Telah Selesai dan Siap Digunakan



Gambar 5 Pemasangan Tulangan Pondasi pada *Tower Crane*



Gambar 6 Pemasangan *Anchor* atau *Fine Angel Tower Crane*