

**PERANCANGAN *OVERHEAD CRANE 2-AXIS* UNTUK  
MENGANGKAT *FRAME* PIANO PADA *SANDING BEARING*  
(STUDI KASUS: PT. YAMAHA INDONESIA)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh:**

**Nama : Elang Megantara**

**No. Mahasiswa : 17525024**

**NIRM : 2017023589**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA  
2022**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Bismillahirrahmanirrahim, dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir ini adalah buatan saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya cantumkan sumbernya sebaga referensi dalam mengerjakan tugas akhir ini. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima hukuman/sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 18 Juli 2022



Elang Megantara

17525024

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**PERANCANGAN *OVERHEAD CRANE 2-AXIS* UNTUK  
MENGANGKAT *FRAME PIANO* PADA *SANDING BEARING*  
(STUDI KASUS: PT. YAMAHA INDONESIA)**

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh:**

**Nama : Elang Megantara**

**No. Mahasiswa : 17525024**

**NIRM : 2017023589**

Yogyakarta, 18 Juli 2022

Pembimbing,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**PERANCANGAN *OVERHEAD CRANE 2-AXIS* UNTUK  
MENGANGKAT *FRAME PIANO* PADA *SANDING BEARING*  
(STUDI KASUS: PT. YAMAHA INDONESIA)**

**TUGAS AKHIR**

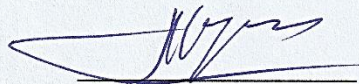
**Disusun Oleh:**

**Nama : Elang Megantara**  
**No. Mahasiswa : 17525024**  
**NIRM : 2017023589**

**Tim Penguji**

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

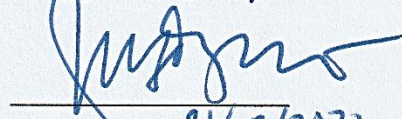
Ketua



Tanggal : 19/08/2022

Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng

Anggota I

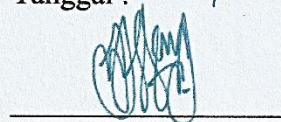


Tanggal : 21/08/2022

Irfan Aditya Dharma, S.T., M.Eng.,

Ph.D.

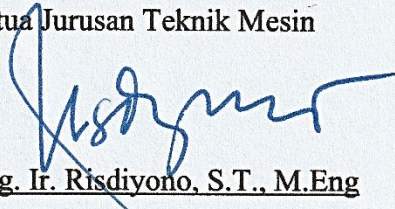
Anggota II



Tanggal : 14/08/2022

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Hasil tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang telah membesarkan dan mendidik saya, sehingga saya bisa menjadi seperti ini. Dukungan moral maupun materiel dan doa dari orang tua tak henti diberikan kepada saya.

Tak lupa tugas akhir ini saya persembahkan juga kepada bapak ibu guru jurusan Ilmu Pengetahuan Sosial SMAN 3 Kota Magelang, ibu guru bimbingan konseling, dan bapak kepala sekolah pada masa itu. Pada akhirnya saya dapat menyelesaikan tugas akhir di jurusan Teknik Mesin.



## HALAMAN MOTTO

**"If people aren't laughing at your dreams, your dreams aren't big enough."**

- Robin Sharma -

**"Failure is simply the opportunity to begin again, this time more intelligently."**

- Henry Ford -

**"If plan A doesn't work, the alphabet has 25 more letters."**

- Claire Cook -

**"The amateurs discuss tactics, the professionals discuss logistics."**

- Napoleon Bonaparte -

**"Strive for perfection in everything you do. Take the best that exists and make it better. If it does not exist, create it."**

- Henry Royce -

**"Kabeh wis ono dalane. Nek ra ono, nggawe dewe."**

- Pakdhe Ghozy -



## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan alhamdulillah Rabbil'alamiin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan magang di PT. Yamaha Indonesia dan menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia keluar dari zaman kegelapan. Laporan tugas akhir ini ditulis sebagai salah satu syarat untuk menempuh gelar Sarjana Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Hambatan dan kesulitan dalam penyusunan laporan kerja praktik ini tentu saja penulis alami, namun hal tersebut bukan menjadi masalah yang besar berkat dukungan dari berbagai pihak sehingga laporan kerja praktik ini dapat terselesaikan. Tidak lupa penulis ucapkan banyak terima kasih kepada :

1. **Allah SWT** karena berkat ridho dan rahmat-Nya penulis diberikan kekuatan dan kesehatan dalam menyelesaikan laporan ini.
2. Kedua orang tua, Bapak **Daru Priyatno** dan Ibu **Milasari Puspa Dewi** dan juga kedua kakak, **Bagus Dewa Pradana** dan **Gading Yudha Baskara**, yang telah memberikan doa, dukungan moral maupun materiel, semangat, serta motivasi.
3. Bapak **Dr. Eng. Risdiyono S.T., M.Eng**, selaku ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak **Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng**, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan banyak masukan serta saran dalam pembuatan laporan tugas akhir ini.
5. Bapak **H. Syamsuddin D.S.** selaku Wakil Presiden Direktur PT. Yamaha Indonesia.
6. Bapak **Faizin**, Bapak **Mohammad Syah Fatahillah**, dan rekan kerja lain yang turut memberikan bantuan dalam pelaksanaan magang di PT. Yamaha Indonesia.

7. **Ka El** yang senantiasa mengantar penulis kemana pun dalam keiritan, dan **Ifortisix** yang selalu mengantar kemana pun dalam kenyamanan.
8. Toko **Werno-Werno** yang telah memberi banyak pelajaran, pengalaman, dan uang jajan tambahan.

Penulis menyadari bahwasannya laporan yang dibuat ini masih jauh dari kata sempurna, karena masih banyak kekurangan dan kesalahan dalam penulisannya. Oleh sebab itu penulis memohon maaf apabila masih terdapat kesalahan. Kritik serta saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk evaluasi penulis kedepannya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat diterima dan bermanfaat.

Yogyakarta, 18 Juli 2022



Elang Megantara

17525024



## ABSTRAK

Sebuah piano terdiri dari banyak bagian yang kemudian dirakit menjadi sebuah piano. Salah satu bagian terpenting piano adalah *frame* yang terbuat dari besi pejal dan memiliki bobot yang cukup berat. Proses pengangkatan *frame* di bagian *sanding bearing* menggunakan *overhead crane*, yang hanya dapat bergerak kanan-kiri, sedangkan *frame* piano dipindahkan dari kanan-kiri dan belakang ke depan. Operator harus mendorong *frame* yang berat untuk memindahkan dari belakang ke depan. Selain dapat membuat operator cepat lelah, hal tersebut juga dapat berpotensi kecelakaan jika operator tidak siap dengan beban ayun *frame*, sehingga operator dapat terdorong dan jatuh. *Frame* yang didorong juga dapat terjatuh sewaktu-waktu dan menimpa operator.

Atas dasar permasalahan tersebut, maka diperlukan sebuah *crane 2-axis*, yang selain dapat bergerak kanan-kiri, juga dapat bergerak maju mundur. Pembuatan rancangan mengacu pada *crane 2-axis* yang ada pada bagian *frame delivery*. Perancangan *crane* dilakukan menggunakan perangkat lunak *Solidworks*. *Overhead crane 2-axis* hasil rancangan telah memiliki kekuatan struktur yang baik.

Kata kunci: *crane, overhead crane, safety*

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| Halaman Judul .....  | i    |
| Pernyataan Keaslian .....                                  | ii   |
| Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....                   | iii  |
| Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....                      | iv   |
| Halaman Persembahan .....                                  | v    |
| Halaman Motto .....  | vi   |
| Kata Pengantar.....  | vii  |
| Abstrak .....  | ix   |
| Daftar Isi.....  | x    |
| Daftar Tabel.....  | xiii |
| Daftar Gambar .....  | xiv  |
| Daftar Notasi.....   | xvi  |
| Bab 1 Pendahuluan .....                                    | 1    |
| 1.1 Latar Belakang .....                                   | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah.....                                   | 2    |
| 1.3 Batasan Masalah .....                                  | 2    |
| 1.4 Tujuan Perancangan.....                                | 3    |
| 1.5 Manfaat Perancangan.....                               | 3    |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                            | 3    |
| Bab 2 Tinjauan Pustaka .....                               | 5    |
| 2.1 Kajian Pustaka .....                                   | 5    |
| 2.2 Dasar Teori .....                                      | 5    |
| 2.2.1 Perancangan.....                                     | 5    |
| 2.2.2 <i>Overhead Crane</i> .....                          | 6    |
| 2.2.3 <i>Electric Chain Hoist</i> .....                    | 7    |
| 2.2.4 <i>Baut High Strength Grade 8.8</i> .....            | 7    |
| 2.2.5 Keselamatan.....                                     | 7    |
| 2.2.6 <i>FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)</i> ..... | 8    |
| Bab 3 Metode Penelitian .....                              | 10   |
| 3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah .....               | 10   |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.2   | Pengambilan Data .....  | 11 |
| 3.2.1 | Kondisi <i>Crane</i> Saat Ini .....   | 12 |
| 3.2.2 | <i>Frame</i> Piano .....  | 12 |
| 3.2.3 | <i>Layout</i> Bagian <i>Sanding Bearing</i> .....                             | 13 |
| 3.3   | Analisis FMEA Pengangkatan <i>Frame</i> Piano .....                           | 13 |
| 3.4   | Parameter Rancangan .....   | 14 |
| 3.5   | Kriteria Desain <i>Overhead Crane 2-axis</i> .....                            | 15 |
| 3.6   | Referensi <i>Crane 2-axis</i> di Bagian <i>Frame Delivery</i> .....           | 15 |
| 3.7   | Konsep Rancangan <i>Crane 2-axis</i> .....                                    | 16 |
| 3.8   | Menghitung Defleksi pada Batang .....   | 17 |
| 3.9   | Menentukan Defleksi Maksimum yang Diizinkan .....                             | 18 |
| 3.10  | Menentukan Daya Motor yang Diperlukan.....                                    | 18 |
| 3.11  | Menentukan Rasio <i>Gearbox</i> .....   | 19 |
| 3.12  | Menghitung Diameter Baut Minimum.....   | 20 |
| Bab 4 | Hasil dan Pembahasan .....  | 22 |
| 4.1   | Hasil Perancangan <i>Crane 2-axis</i> .....                                   | 22 |
| 4.2   | Perancangan Struktur Utama <i>Crane</i> .....                                 | 22 |
| 4.2.1 | Pemilihan Ukuran Batang untuk <i>Girder</i> dan <i>Bridge</i> .....           | 23 |
| 4.2.2 | Mekanisme Gerak <i>Bridge</i> terhadap <i>Girder</i> .....                    | 27 |
| 4.2.3 | Menentukan Kombinasi Motor dan <i>Gearbox</i> yang Sesuai.....                | 27 |
| 4.3   | Perancangan Struktur Penyangga <i>Crane</i> .....                             | 30 |
| 4.4   | Pemasangan <i>Crane</i> pada Konstruksi Bangunan .....                        | 31 |
| 4.4.1 | Pemasangan Tiang Penyangga pada Konstruksi Bangunan .....                     | 31 |
| 4.4.2 | Menentukan Diameter Baut Minimum untuk Pemasangan Penyangga.....              | 33 |
| 4.4.3 | Pemasangan Struktur <i>Crane</i> ke Penyangga.....                            | 35 |
| 4.4.4 | Menentukan Diameter Baut Minimum untuk Pemasangan Struktur <i>Crane</i> ..... | 36 |
| 4.5   | Hasil Setelah Menggunakan <i>Crane 2-axis</i> .....                           | 37 |
| Bab 5 | Penutup.....  | 39 |
| 5.1   | Kesimpulan .....  | 39 |
| 5.2   | Saran .....   | 39 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| Daftar Pustaka ..... | 40 |
| Lampiran 1 .....     | 41 |
| Lampiran 2.....      | 42 |
| Lampiran 3.....      | 43 |
| Lampiran 4.....      | 44 |
| Lampiran 5.....      | 45 |
| Lampiran 6.....      | 48 |
| Lampiran 7.....      | 49 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2.1 Sifat mekanik baut <i>grade</i> 8.8 .....                     | 7  |
| Tabel 3.1 Bobot masing-masing <i>frame</i> berdasarkan model .....      | 13 |
| Tabel 3.2 Lembar FMEA pada proses pengangkatan <i>frame</i> piano ..... | 14 |
| Tabel 4.1 Asumsi massa pada masing-masing bagian <i>bridge</i> .....    | 28 |
| Tabel 4.2 Jumlah beban yang terjadi pada baut.....                      | 33 |



## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2- 1 Jenis dan bagian <i>overhead crane</i> .....                                    | 6  |
| Gambar 3- 1 Ilustrasi posisi <i>crane</i> .....   | 10 |
| Gambar 3- 2 Ilustrasi proses pengangkatan <i>frame</i> .....                                | 11 |
| Gambar 3- 3 Ilustrasi kondisi <i>crane</i> saat ini.....                                    | 12 |
| Gambar 3- 4 <i>Frame upright piano</i> .....  | 12 |
| Gambar 3- 5 <i>Layout</i> bagian <i>sanding bearing</i> .....                               | 13 |
| Gambar 3- 6 Jarak jangkau minimum pergerakan <i>hoist</i> dari hasil observasi.....         | 14 |
| Gambar 3- 7 <i>Crane</i> 2-sumbu di bagian <i>frame delivery</i> .....                      | 16 |
| Gambar 3- 8 Konsep rancangan dengan konfigurasi <i>trolley</i> di atas <i>girder</i> .....  | 16 |
| Gambar 3- 9 Konsep rancangan dengan konfigurasi <i>trolley</i> di bawah <i>girder</i> ..... | 17 |
| Gambar 3- 10 Diagram alir penelitian.....   | 21 |
| Gambar 4- 1 Hasil rancangan <i>overhead crane 2-axis</i> .....                              | 22 |
| Gambar 4- 2 Ilustrasi pembebanan batang <i>girder</i> .....                                 | 23 |
| Gambar 4- 3 Hasil simulasi pembebanan pada batang <i>girder</i> .....                       | 24 |
| Gambar 4- 4 Ilustrasi pembebanan <i>girder</i> dengan 3 tiang .....                         | 24 |
| Gambar 4- 5 Hasil simulasi pembebanan jarak tumpuan 3500mm.....                             | 25 |
| Gambar 4- 6 Ilustrasi pembebanan pada batang <i>bridge</i> .....                            | 26 |
| Gambar 4- 7 Hasil simulasi pembebanan pada batang <i>bridge</i> .....                       | 26 |
| Gambar 4- 8 Rancangan perakitan <i>bridge</i> .....   | 27 |
| Gambar 4- 9 Ilustrasi pergerakan <i>bridge</i> terhadap <i>girder</i> .....                 | 27 |
| Gambar 4- 10 Struktur penyangga bagian ujung.....   | 31 |
| Gambar 4- 11 Struktur penyangga bagian tengah .....   | 31 |
| Gambar 4- 12 Posisi pemasangan struktur penyangga pada konstruksi pabrik ...                | 32 |
| Gambar 4- 13 Ilustrasi pemasangan tiang penyangga ke konstruksi bangunan dengan baut.....   | 32 |
| Gambar 4- 14 Parameter pada baut .....  | 34 |
| Gambar 4- 15 Hasil simulasi analisis pada sambungan baut .....                              | 35 |
| Gambar 4- 15 Ilustrasi pemasangan struktur <i>crane</i> pada tiang penyangga.....           | 35 |

Gambar 4- 16 *Layout* ilustrasi jarak jangkauan pergerakan *hoist overhead crane* ..37

Gambar 4- 17 Proses mengangkat *frame* pada bagian *frame delivery* .....38



## DAFTAR NOTASI

$\delta$  = Defleksi pada batang (mm)

$\omega$  = Beban (N/mm)

$l$  = Panjang batang (mm)

$E$  = Modulus elastisitas (N/mm<sup>2</sup>)

$I$  = Momen inersia (mm<sup>4</sup>)

$\Delta_{max}$  = Defleksi maksimum yang diizinkan (mm)

$span$  = Bentangan batang (mm)

$F_{rolling}$  = Gaya gesek antara roda dengan rel (N)

$c$  = Koefisien gesek

$w$  = Beban (N)

$P_{rolling}$  = Daya yang diperlukan untuk menggerakkan (Watt)

$v$  = Kecepatan gerak (m/s)

$k$  = Keliling (mm)

$D$  = Diameter roda (mm)

$n_{roda}$  = Kecepatan putar roda (rpm)

$V$  = Kecepatan gerak *bridge* (m/s)

$n$  = Kecepatan putar motor penggerak (rpm)

$A$  = Luas penampang minimum masing-masing baut (mm<sup>2</sup>)

$SF$  = Faktor keamanan

$F$  = Beban (N)

$\sigma$  = Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$d$  = Diameter minimum baut (mm)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

PT. Yamaha Indonesia merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang pembuatan alat musik. Perusahaan ini memproduksi piano akustik jenis *Grand Piano* dan *Upright Piano* yang kemudian didistribusikan ke dalam negeri maupun diekspor ke mancanegara.

Dalam pembuatan sebuah piano di PT. Yamaha Indonesia, terdapat beberapa proses yang dilakukan untuk menghasilkan produk piano dengan kualitas yang unggul dan konsisten, beberapa prosesnya antara lain adalah *woodworking, painting, sanding and buffing, assembly, final check, dan packing.*

Sebuah piano terdiri dari beberapa bagian yang kemudian dirakit dan disatukan di bagian *assembly* menjadi sebuah piano yang siap didistribusikan kepada konsumen. Masing-masing bagian piano memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda, serta jenis material yang juga berbeda-beda tiap bagiannya, sehingga berat tiap bagiannya juga bervariasi. Sebagian besar material yang digunakan untuk membuat sebuah piano adalah kayu, dan sebagian lainnya merupakan material logam, plastik, serta lainnya. Dari segi bobot, salah satu bagian piano yang paling berat adalah *frame* atau rangka piano yang terbuat dari logam padat. Bobot *frame* piano yang berat membuatnya mustahil untuk melakukan pengangkatan atau memindahkan dari suatu tempat ke tempat yang lain tanpa menggunakan alat bantu.

Pada praktiknya di pabrik PT. Yamaha Indonesia di bagian *sanding bearing* pada *painting frame*, pengangkatan *frame Upright Piano* dari palet ke atas meja *sanding bearing* dilakukan menggunakan alat bantu berupa *overhead crane* yang dapat bergerak pada arah sumbu-x yaitu dari kiri ke kanan. Adanya *overhead crane* cukup membantu pekerjaan, mengingat bobot *frame* yang cukup berat, sehingga pengangkatan *frame* dapat dilakukan oleh satu orang operator saja.

Penggunaan *overhead crane* yang hanya dapat bergerak ke kanan dan ke kiri masih memiliki kekurangan, yaitu pada aspek keselamatan dan kemudahan bagi operator. Saat proses *handling*, *frame* terletak di palet yang posisinya berada lebih belakang dari *overhead crane*, kemudian diangkat ke meja *sanding bearing* yang posisinya berada di depan, lebih maju dari posisi *overhead crane*. Ketika mengangkat *frame* piano, operator harus menahan beban ayun dari *frame* yang berat karena posisinya tidak sejajar dengan *overhead crane*, kemudian mendorongnya ke atas meja *sanding bearing*. Saat proses pengangkatan *frame* jika operator tidak berhati-hati karena faktor kelelahan atau tidak fokus, beban ayun dari *frame* yang diangkat dapat menyebabkan operator terjatuh atau *frame* menimpa operator.

Risiko operator terjatuh atau tertimpa *frame* tersebut tentunya menjadi sebuah masalah yang serius dan perlu diselesaikan. Oleh karena itu diperlukan sebuah *crane* yang selain bisa memindahkan *frame* dari kiri ke kanan, namun juga harus dapat memindahkannya dari belakang ke depan. Hasil dari perancangan tersebut juga penulis gunakan sebagai topik tugas akhir ini.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah ditulis di atas, maka rumusan masalah yang dibahas antara lain:

1. Mengapa *overhead crane 1-axis* yang ada dapat berpotensi bahaya?
2. Bagaimana perancangan *overhead crane 2-axis*?
3. Bagaimana kekuatan struktur dari *overhead crane 2-axis* hasil rancangan?

## **1.3 Batasan Masalah**

Guna memudahkan perancangan serta supaya dapat mencapai hasil yang optimal, maka variabel perancangan akan dibatasi dengan batasan masalah. Adapun variabel-variabelnya adalah sebagai berikut:

1. Perancangan dilakukan untuk bagian *sanding bearing* pada *painting frame* PT. Yamaha Indonesia.

2. Pembahasan hanya sampai dengan perancangan alat dan simulasi kekuatan strukturnya.
3. Perancangan alat kurang lebih akan sama dengan referensi alat yang sudah ada.
4. Hanya membahas sambungan antar struktur dan tidak membahas penyambungan dalam struktur.

#### **1.4 Tujuan Perancangan**

1. Mengetahui potensi bahaya pada *overhead crane 1-axis* yang ada.
2. Membuat desain *overhead crane 2-axis* untuk pengganti *overhead crane 1-axis* pada bagian *sanding bearing*.
3. Memastikan kekuatan struktur *overhead crane 2-axis* yang dirancang.

#### **1.5 Manfaat Perancangan**

1. Mahasiswa mampu merancang alat yang tepat guna untuk proses produksi dalam industri pembuatan piano.
2. Penggunaan alat meningkatkan faktor keselamatan bagi operator.
3. Meringankan beban pekerjaan operator sehingga operator tidak mudah lelah dan produktivitas akan meningkat.
4. Potensi kegagalan pada struktur *overhead crane* dapat dihindari.

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini terdiri atas 5 bab, dengan masing-masing bab sebagai berikut:

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Penulis memaparkan penjelasan yang berkaitan dengan latar belakang laporan, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi kajian pustaka dan dasar teori dari berbagai sumber penelitian yang sudah ada sebagai acuan dalam perancangan dan penulisan tugas akhir ini.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Menjelaskan metode yang digunakan dalam perancangan yang meliputi objek dan subjek perancangan, observasi lapangan dan pengumpulan data, dan konsep desain.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Berisi hasil perancangan dan pembahasan mengenai alat yang sudah dirancang.

### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil perancangan dan saran untuk perancangan.

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Pustaka**

Penanganan beban di lingkungan industri seperti mengangkat, meraih, mendorong, menarik, dan membawa beban berat merupakan aktivitas yang menuntut kekuatan fisik. Pekerjaan tersebut terkadang dilakukan oleh operator dengan kondisi ergonomi yang kurang baik. Pekerjaan yang demikian jika dilakukan terus-menerus dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan cedera seperti *musculoskeletal disorders* (MSD). *Work-related MSD* adalah istilah medis untuk gangguan persendian lengan dan tulang belakang dan juga nyeri yang muncul pada saat melakukan pekerjaan. Perbedaan faktor sosiodemografi seperti usia atau karakter tubuh tiap operator, dan juga faktor kondisi kerja dapat mempengaruhi perkembangan MSD di tempat kerja (De Kok et al, 2019).

Pada *overhead crane* manual, ketika beban akan dipindahkan, operator harus memberikan gaya ke samping pada beban, kemudian secara bersamaan bagian *trolley* akan ikut bergeser. Hal tersebut tentu memerlukan gaya yang relatif besar. Selain karena adanya inersia pada beban, namun juga inersia pada bagian *crane* yang ikut bergerak (Bey-Temsamani et al, 2022).

#### **2.2 Dasar Teori**

##### **2.2.1 Perancangan**

Perancangan merupakan proses mendeskripsikan, merencanakan, dan pembuatan sketsa, atau menyusun beberapa elemen terpisah menjadi sebuah sistem yang dapat berfungsi (Feri Fariyanto, 2021).

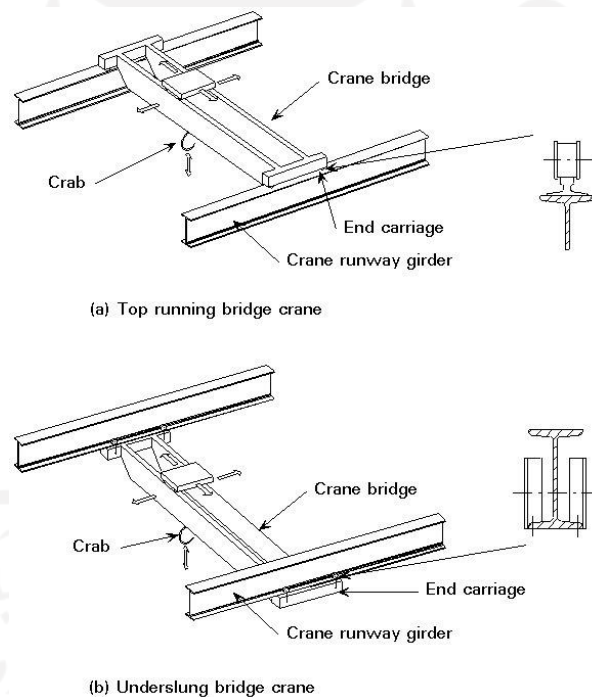
Menurut Harsokoesoemo (2005), terdapat beberapa tahapan-tahapan dalam proses perancangan teknik. Tahapan yang paling utama adalah ditemukannya kebutuhan akan sebuah alat atau produk yang dapat melakukan suatu fungsi tertentu untuk dapat membantu memudahkan pekerjaan manusia.

Tahapan yang berikutnya adalah mencari tahu keinginan calon pengguna mengenai spesifikasi produk yang akan dirancang. Tahap terakhir adalah membuat rancangan produk berdasarkan data-data yang telah diperoleh.

### 2.2.2 Overhead Crane

Pada beberapa bidang seperti industri manufaktur, situs nuklir, dan pembangunan konstruksi serta infrastruktur, *crane* digunakan sebagai alat bantu untuk mengangkat material yang sangat berat (Maleki et al, 2013).

*Crane* yang biasa digunakan di dalam industri manufaktur merupakan jenis *overhead crane*. Struktur *crane* berupa jembatan yang melintang di atas kepala dengan konstruksi terbuat dari baja. Mekanisme yang disusun sedemikian rupa memungkinkan *crane* untuk dapat mengangkat material dan bergerak ke berbagai arah untuk memindahkannya (Lestari, 2013).



Gambar 2- 1 Jenis dan bagian *overhead crane*

Sumber: <http://fgg-web.fgg.uni-lj.si/~pmoze/esdep/master/wg14/10400.htm>

Dapat diperhatikan pada Gambar 2- 1, secara umum terdapat 2 jenis *overhead crane* yaitu dengan *carriage* yang berada di atas (*top running bridge*

*crane*) seperti yang ditunjukkan pada huruf (a) dan *carriage* yang berada di bawah (*underslung bridge crane*) seperti pada huruf (b).

### 2.2.3 Electric Chain Hoist

*Electric chain hoist* (katrol rantai elektrik) atau biasa disebut dengan *hoist* merupakan salah satu bagian pada *crane* yang berfungsi untuk mengangkat material dengan memanfaatkan prinsip katrol yang dihubungkan dengan motor elektrik sebagai sumber penggerak untuk menaikkan dan menurunkan beban. Operator hanya perlu menekan tombol untuk menaikkan atau menurunkannya (Prasetyawati, 2016).

### 2.2.4 Baut High Strength Grade 8.8

Baut berkekuatan tinggi *grade 8.8* biasa digunakan pada konstruksi bangunan industri. Baut jenis ini umumnya digunakan pada kondisi suhu ruang, namun tidak menutup kemungkinan baut akan terkena suhu yang tinggi jika terjadi kebakaran (Kirby, 1995).

Tabel 2.1 Sifat mekanik baut *grade 8.8*

Sumber: Kirby, 1995

Mechanical properties of Bolts Supplied to BS3692:  
Grade 8.8<sup>1</sup>

| Mechanical property              |      | Requirement           |
|----------------------------------|------|-----------------------|
| Tensile strength<br>$R_m$        | min. | 785 N/mm <sup>2</sup> |
|                                  | max. | 981 N/mm <sup>2</sup> |
| 0.2% Proof stress<br>$R_{0.2}$   | min. | 628 N/mm <sup>2</sup> |
| Stress under proof load<br>$S_p$ |      | 571 N/mm <sup>2</sup> |

### 2.2.5 Keselamatan

Keselamatan atau *safety* berarti keadaan dimana sedikit atau tidak adanya gangguan maupun kecelakaan dalam bekerja, keselamatan bertujuan menjaga jumlah kecelakaan kerja serendah atau seminimal mungkin. Faktor keselamatan

diukur dari jumlah kasus dimana kecelakaan terjadi, bukan dimana keselamatan itu berhasil (Hollnagel, 2014).

Faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja antara lain adalah karena adanya kondisi tidak aman dan tindakan tidak aman. Kondisi tidak aman berarti sebuah keadaan dimana kondisi mesin, peralatan, proses, sifat kerja, atau proses kerja yang berbahaya atau tidak sesuai prosedur sehingga dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan. Tindakan tidak aman berarti tindakan membahayakan yang dilakukan oleh operator yang dapat menyebabkan kecelakaan. Penelitian menyatakan bahwa 80-90% penyebab kecelakaan adalah karena kesalahan manusia (Tarwaka, 2008).

### **2.2.6 FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)**

*Failure Mode and Effect Analysis* atau disingkat FMEA adalah sebuah metode untuk menganalisis potensi permasalahan guna mencegah terjadinya kegagalan dengan menentukan prioritas potensi masalahnya. Beberapa kegiatan dilakukan untuk mengenali dan menilai potensi kegagalan dalam sebuah proses dan akibatnya. Penggunaan metode FMEA dapat menghilangkan atau mengurangi parahnya kerusakan akibat dari potensi kegagalan yang mungkin dapat terjadi (Taghizadegan, 2006).

McDermott (2009) mengatakan bahwa terdapat beberapa langkah yang perlu dilakukan untuk menganalisis menggunakan FMEA, diantaranya sebagai berikut:

- a. Mengidentifikasi proses atau produk dengan meninjau gambar teknik atau dapat ditinjau dari *flow chart* proses.
- b. Melakukan *brainstorming* terhadap potensi kegagalan untuk memunculkan ide baru.
- c. Membuat daftar potensi efek yang ditimbulkan dengan adanya catatan mode kegagalan dalam lembar kerja FMEA.
- d. Menentukan seberapa serius dampak yang ditimbulkan jika terjadi kegagalan (*severity*) dengan memberi peringkat 1-10. Semakin besar angka, maka tingkat keseriusan semakin tinggi.



- e. Menentukan estimasi seringnya kegagalan yang mungkin terjadi (*occurrence*) dengan skor 1-10. Semakin besar skornya maka estimasi kemungkinan terjadi semakin sering.
- f. Menentukan bagaimana kegagalan dapat terdeteksi (*detection*) dengan memberi skor 1-10. Kemampuan deteksi yang kurang baik mendapat skor yang lebih besar.
- g. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan ketiga skor di atas, yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*, sehingga diperoleh gambaran total risiko proses atau produk.
- h. Memprioritaskan mode kegagalan yang akan ditindaklanjuti berdasarkan skor RPN dari yang tertinggi hingga terendah.



## BAB 3

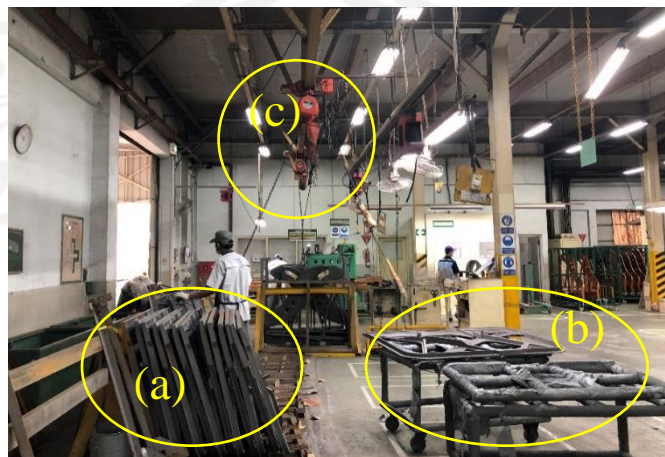
### METODE PENELITIAN

Penjelasan lebih lanjut mengenai metode yang digunakan diperlukan untuk mendukung proses penyusunan tugas akhir dengan judul *Perancangan Overhead Crane 2-axis untuk Mengangkat Frame Piano pada Sanding Bearing di PT. Yamaha Indonesia*. Perancangan menggunakan perangkat lunak Solidworks untuk membuat desain 3-dimensi dan juga simulasi *stress analysis* (analisis tegangan) pada desain yang dibuat. Selain itu, perhitungan manual juga dilakukan untuk menentukan ukuran-ukuran komponen.

#### 3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

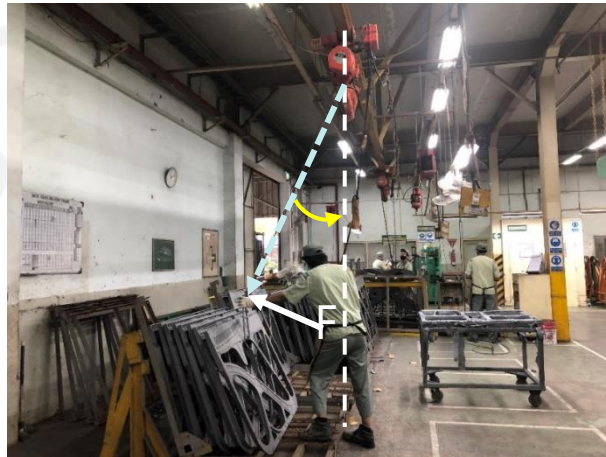
Perancangan dimulai dengan melakukan identifikasi permasalahan menggunakan metode observasi dengan melakukan pengamatan secara langsung maupun tidak langsung. Pengamatan dilakukan berdasarkan kondisi aktual di lapangan pada departemen *painting frame*, bagian *sanding bearing frame UP*.

Pada ilustrasi Gambar 3- 1 di bawah ini, proses *handling frame* dilakukan dengan mengangkat *frame* dari palet yang posisinya ditunjukkan oleh huruf (a), ke posisi meja *sanding bearing* yang ditunjukkan oleh huruf (b). Sementara itu *crane* berada di tengah antara palet dan meja *sanding bearing* yang ditunjukkan dengan huruf (c).



Gambar 3- 1 Ilustrasi posisi *crane*

Proses pengangkatan *frame* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3- 2, operator memasang kait *hoist* pada *frame* yang semula posisinya miring ke belakang, setelah itu *hoist* akan mulai dinaikkan sedikit untuk mengangkat *frame*, sehingga *frame* akan berbalik miring ke arah operator. Ketika *frame* sudah berada di posisi kemiringan yang sesuai, operator akan menaikkan *hoist* lebih tinggi, sehingga *frame* akan mulai mengangkat.



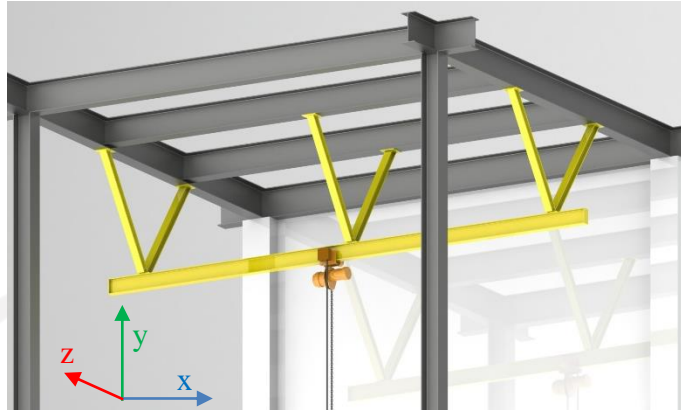
Gambar 3- 2 Ilustrasi proses pengangkatan *frame*

*Frame* yang mulai terangkat dengan posisi tidak sejajar dengan *hoist* akan menimbulkan beban ayun ke arah operator, terlebih dengan bobot *frame* yang cukup berat. Operator tentu harus menahan beban ayun tersebut dengan memberikan gaya reaksi, yaitu dengan memberi gaya dorong. Oleh karena itu diperlukan *crane 2-axis* supaya posisi *hoist* bisa selalu sejajar mengikuti posisi bebannya sehingga tidak menimbulkan beban ayun. Beban ayun yang dihasilkan akan semakin besar pada *frame* yang berada di bagian belakang palet karena jarak dengan *overhead crane* lebih jauh dan lebih tidak sejajar.

### 3.2 Pengambilan Data

Pengambilan data bertujuan untuk mendukung proses pembuatan desain dengan memperhatikan kriteria dan parameter-parameter yang ditentukan, sehingga *crane* yang dirancang sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

### 3.2.1 Kondisi *Crane* Saat Ini



Gambar 3- 3 Ilustrasi kondisi *crane* saat ini

Dapat dilihat pada Gambar 3- 3 merupakan ilustrasi yang mewakili kondisi *crane* saat ini dengan hanya memiliki satu buah *girder*, dan bertumpu pada konstruksi bangunan pabrik melalui tiga buah tiang penyangga. Jangkauan *hoist* pada *crane* kurang lebih sejauh 5700mm dari kiri ke kanan, dan dengan ketinggian pengangkatan maksimum kurang lebih 2900mm jika diukur dari lantai.

### 3.2.2 *Frame Piano*

*Frame piano* adalah salah satu bagian dari piano akustik yang terbuat dari logam pejal dengan bentuk sedemikian yang berfungsi untuk penempatan *string* (senar) piano. *Frame piano* yang diproses pada bagian ini adalah dari jenis *upright piano* dengan model B1, B2, B3, dan M30, dengan bentuk *frame piano* yang dapat dilihat pada Gambar 3- 4 berikut ini.



Gambar 3- 4 *Frame upright piano*

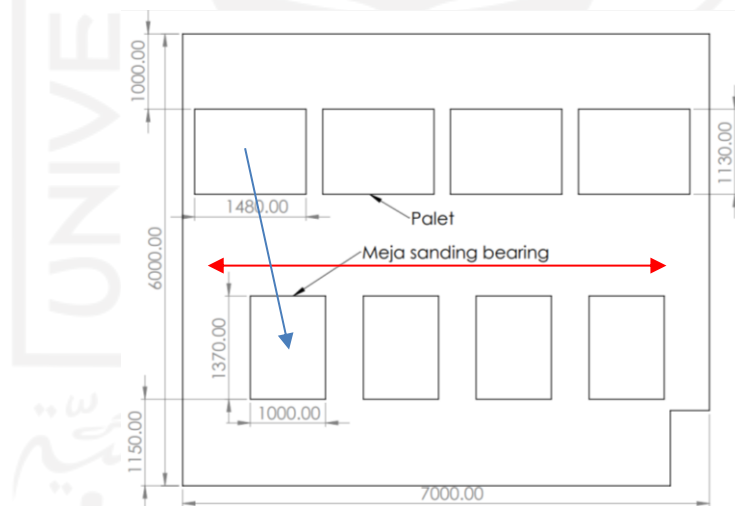
Bobot *frame* berbeda-beda setiap modelnya, adapun bobot masing-masing *frame* berdasarkan modelnya adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Bobot masing-masing *frame* berdasarkan model

| Model | Bobot (kg) |
|-------|------------|
| B1    | 71         |
| B2    | 78         |
| B3    | 80         |
| M30   | 80         |

### 3.2.3 Layout Bagian Sanding Bearing

Berdasarkan hasil pengukuran dimensi ruang pada bagian *sanding bearing*, didapat gambaran sebagai yang dapat dilihat pada Gambar 3- 5 berikut ini, dengan ukuran dalam satuan milimeter (mm). Pergerakan *hoist* ketika menggunakan *crane* yang ada ditunjukkan dengan anak panah berwarna merah. Pemindahan *frame* dilakukan dari palet ke meja *sanding bearing* yang ditunjukkan dengan anak panah berwarna biru.



Gambar 3- 5 Layout bagian *sanding bearing*

### 3.3 Analisis FMEA Pengangkatan *Frame* Piano

Berdasarkan hasil analisis FMEA pada tabel di bawah ini, terdapat 3 potensi efek kegagalan yang dapat terjadi pada proses pengangkatan *frame* piano, dengan potensi penyebab yang sama, yaitu karena operator kurang siap atau kurang fokus ketika proses pengangkatan *frame*. Ketiga potensi efek kegagalan

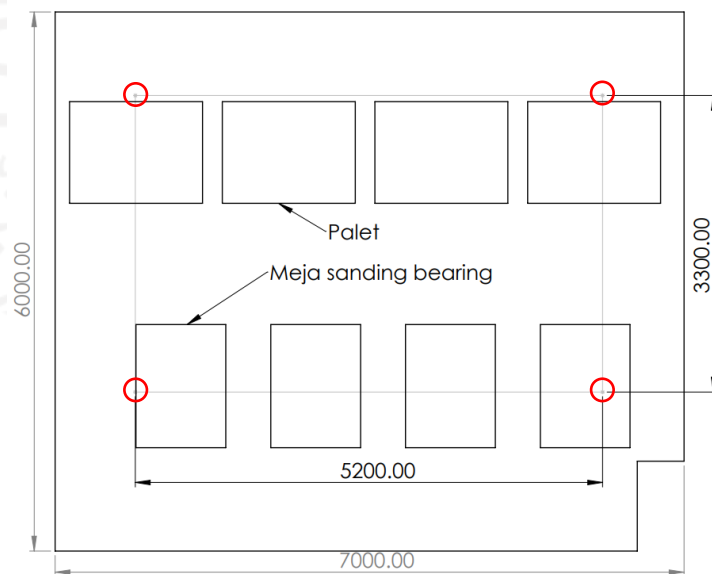
tersebut dapat dikurangi kemungkinan tingkat kegagalannya dengan satu cara, yaitu mengganti *crane* yang ada dengan *crane* yang dapat bergerak pada 2-sumbu. Tiap nilai pada SEV, OCC, dan DET menunjukkan tingkatannya. Nilai RPN dari ketiganya berbeda, namun penggantian *crane* dengan 2-sumbu sekaligus dapat menyelesaikan semuanya.

Tabel 3.2 Lembar FMEA pada proses pengangkatan *frame* piano

| Proses                          | Potensi Mode Kegagalan                          | Potensi Efek Kegagalan                               | SEV                                | Potensi Penyebab   | OCC                                | Kontrol Proses Saat Ini                      | DET                                     | RPN                                    | Tindakan yang Disarankan   |
|---------------------------------|---|--|------------------------------------|--|------------------------------------|--|---|--|--|
| Proses apa yang dilakukan?      | Bagaimana proses bisa gagal?                    | Apa dampak yang ditimbulkan jika tidak diperbaiki?   | Seberapa serius dampak kegagalan ? | Apa penyebab proses tidak benar?                                 | Tingkat kegagalan mungkin terjadi? | Kontrol yang ada untuk deteksi kegagalan?    | Seberapa mungkin kegagalan terdeteksi ? | Risk Priority Number (Sev * Occ * Det) | Tindakan untuk mengurangi <i>occurrence</i> atau meningkatkan <i>detection</i> |
| Pengangkatan <i>frame</i> piano | <i>Frame</i> mengayun membuat operator terjatuh | Operator terdorong dan terjatuh                      | 4                                  | Operator kurang siap menerima beban ayun <i>frame</i>            | 5                                  | Melihat tingkat kelelahan dan fokus operator | 3                                       | 60                                     | Mengganti <i>crane</i> dengan yang bisa bergerak pada 2-sumbu                  |
|                                 | <i>Frame</i> yang diangkat jatuh                | <i>Frame</i> ambruk ke operator dan menimpa operator | 9                                  | Operator kurang siap dan pengangkatan <i>frame</i> terlalu cepat | 1                                  | Melihat tingkat kelelahan dan fokus operator | 3                                       | 27                                     | Mengganti <i>crane</i> dengan yang bisa bergerak pada 2-sumbu                  |
|                                 |   | <i>Frame</i> jatuh ke lantai                         | 2                                  | Operator kurang siap dan pengangkatan <i>frame</i> terlalu cepat | 4                                  | Melihat tingkat kelelahan dan fokus operator | 3                                       | 24                                     | Mengganti <i>crane</i> dengan yang bisa bergerak pada 2-sumbu                  |

Keterangan: SEV = *Severity*, OCC = *Occurrence*, DET = *Detection*

### 3.4 Parameter Rancangan



Gambar 3- 6 Jarak jangkauan minimum pergerakan *hoist* dari hasil observasi

Dengan kondisi seperti yang ditampilkan pada Gambar 3- 6, tata letak antara meja *sanding bearing* dengan palet, jika akan diberi *crane 2-axis* maka jarak jangkauan minimum dari *hoist* pada *crane* adalah seperti posisi yang telah ditandai dengan simbol (O), yaitu sebesar 5200mm untuk pergerakan ke arah sumbu-x, dan 3300mm pada sumbu-z. Selain itu tinggi antara pengait *hoist* dengan lantai ketika diangkat penuh setidaknya 2800mm.

### **3.5 Kriteria Desain Overhead Crane 2-axis**

Berdasarkan hasil dari observasi di lapangan, maka didapatkan kriteria-kriteria sebagai berikut untuk membuat rancangan *crane*:

1. Memperhatikan faktor keselamatan.
2. Jarak pergerakan *hoist* setidaknya 5200mm pada sumbu-x, dan 3300mm pada sumbu-z.
3. Ketinggian maksimum pengangkatan *frame* kurang lebih 2900mm dari lantai.
4. Hasil rancangan memiliki kekuatan struktur dan ketahanan yang baik untuk mengangkat *frame*.

### **3.6 Referensi Crane 2-axis di Bagian Frame Delivery**

Setelah melakukan observasi lapangan, hal yang kemudian dilakukan adalah mencari referensi alat yang sudah ada, selanjutnya dari referensi alat dapat diamati dari segi bentuk, mekanisme, ukuran, dan parameter lain yang diperlukan untuk diaplikasikan pada rancangan yang akan dibuat.

Pada bagian *frame delivery* terdapat *overhead crane* yang dapat bergerak pada 2 sumbu, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3- 7. *Crane* menggunakan konfigurasi *carriage* yang berada di atas *girder* (*top running bridge crane*), dengan tiang-tiang yang menyangga dari atas dan dikaitkan dengan bagian atas *girder*. Tiang penyangga *crane* menyangga melalui kedua ujung struktur *girder* pada masing-masing batangnya, sehingga terdapat 4 titik penyangga pada keseluruhan struktur. *Crane* ini memiliki jarak jangkauan pergerakan pada sumbu-x sebesar 2900mm, dan sumbu-z sebesar 3300mm.



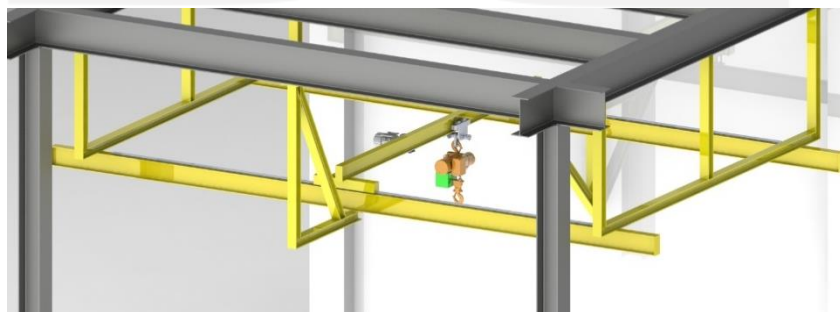
Gambar 3- 7 Crane 2-sumbu di bagian *frame delivery*

### 3.7 Konsep Rancangan Crane 2-axis

Berdasarkan beberapa ketentuan dan referensi *crane* yang sudah ada, maka dibuat konsep-konsep rancangan dengan mempertimbangkan kekurangan dan kelebihan masing-masing konsep. Dari konsep-konsep rancangan tersebut akan dipilih satu konsep rancangan yang lebih baik dibandingkan dengan yang lainnya.

#### a. Konsep Rancangan 1

Konsep rancangan yang pertama yaitu dengan konfigurasi *trolley* berada di atas girder (*top running bridge crane*). Seperti yang terlihat pada Gambar 3- 8 konfigurasi ini menggunakan *trolley* yang bertumpu pada rel di bagian atas girder.



Gambar 3- 8 Konsep rancangan dengan konfigurasi *trolley* di atas girder

Pertimbangan desain *trolley* berada di atas:

1. Mengikuti desain referensi *crane* yang ada.



2. Pergerakan *trolley* terhadap *girder* menjadi terbatas karena terhalang tiang penyangga, sehingga jarak jangkauan ke kiri dan kanan kurang maksimal.
3. Tiang penyangga tengah menyangga dari bagian bawah *girder*.
4. Posisi *girder* relatif lebih rendah sehingga menyebabkan terbatasnya ruang vertikal.

## b. Konsep Rancangan 2

Konsep yang kedua adalah konfigurasi *trolley* menggantung dari bagian bawah *girder* (*underslung bridge crane*) seperti yang dapat dilihat pada Gambar 3- 9 berikut.



Gambar 3- 9 Konsep rancangan dengan konfigurasi *trolley* di bawah *girder*  
Pertimbangan desain *trolley* di bawah:

1. Seluruh tiang penyangga dapat menyangga struktur *girder* dari atas.
2. Struktur tiang penyangga lebih ringkas sehingga tidak memakan ruang di bawahnya.
3. Konfigurasi ini memungkinkan posisi struktur *girder* terletak lebih tinggi dibandingkan dengan konfigurasi *trolley* di atas *girder* dengan posisi ketinggian *hoist* yang sama, sehingga ruang vertikal menjadi lebih luas.

## 3.8 Menghitung Defleksi pada Batang

Besarnya defleksi yang terjadi pada batang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\delta = \frac{5\omega l^4}{384EI} \quad (3.1)$$

Dengan:

$\delta$  = Defleksi pada batang (mm)

$\omega$  = Beban (N/mm)

$l$  = Panjang batang (mm)

$E$  = Modulus elastisitas (N/mm<sup>2</sup>)

$I$  = Momen inersia (mm<sup>4</sup>)

### 3.9 Menentukan Defleksi Maksimum yang Diizinkan

Menurut AS 1170.1 *minimum design loads on structures*, besarnya defleksi maksimum yang diizinkan pada *beam* tidak boleh melebihi nilai yang dihitung menggunakan persamaan berikut (Australian Standard, 1989). Standar Australia digunakan karena standar ini yang menurut penulis paling relevan.

$$\Delta_{max} = \frac{span}{300} \quad (3.2)$$

Dengan:

$\Delta_{max}$  = Defleksi maksimum (mm)

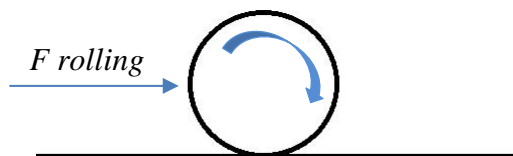
$span$  = Bentangan batang (mm)

### 3.10 Menentukan Daya Motor yang Diperlukan

Pada proses perancangan, pemilihan komponen dilakukan supaya alat yang dirancang dapat berfungsi dan bekerja dengan baik. Beberapa komponen dipilih dengan perhitungan menggunakan parameter-parameter yang tersedia. Salah satu komponen yang memerlukan perhitungan pada perancangan *crane 2-axis* ini adalah motor penggerak untuk pergerakan struktur *bridge* terhadap *girder*, yaitu pergerakan ke kanan dan kiri.

Hal pertama yang dilakukan adalah mencari besarnya gaya gesekan yang terjadi antara roda besi yang memiliki beban dengan rel, atau dapat juga disebut dengan besarnya gaya untuk menggelindingkan roda, yang dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$F_{rolling} = c \times w \times SF \quad (3.3)$$



Dengan:

$F_{rolling}$  = Gaya gesek antara roda dengan rel (N)

$c$  = Koefisien gesek

$w$  = Beban (N)

$SF$  = Faktor keamanan

Daya motor yang diperlukan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$P_{rolling} = F_{rolling} \times v \quad (3.4)$$

Dengan:

$P_{rolling}$  = Daya yang diperlukan untuk menggerakkan (Watt)

$v$  = Kecepatan gerak (m/s)

### 3.11 Menentukan Rasio *Gearbox*

Rasio pada *gearbox* dapat ditentukan dengan beberapa tahap, yang pertama adalah mencari keliling roda dengan persamaan

$$k = \pi \times D \quad (3.5)$$

Dengan:

$k$  = Keliling (mm)

$D$  = Diameter roda (mm)

Hal yang selanjutnya adalah menentukan kecepatan putar roda dengan persamaan

$$n_{roda} = \frac{V}{k} \quad (3.6)$$

Dengan:

$n_{roda}$  = Kecepatan putar roda (rpm)

$V$  = Kecepatan gerak *bridge* (m/s)

Jika sudah didapat kecepatan putar roda, maka rasio reduksi gir dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$rasio = 1 : \frac{n}{n_{roda}} \quad (3.7)$$

Dengan:

$n$  = Kecepatan putar motor penggerak (rpm)

### 3.12 Menghitung Diameter Baut Minimum

Menghitung diameter baut minimum dapat dilakukan dengan beberapa tahapan, yang pertama adalah menghitung luas penampang minimum pada masing-masing baut sebagai berikut

$$A = SF \times \frac{\left(\frac{F}{\sigma}\right)}{\text{jumlah baut}} \quad (3.8)$$

Dengan:

$A$  = Luas penampang minimum masing-masing baut (mm<sup>2</sup>)

$SF$  = Faktor keamanan

$F$  = Beban (N)

$\sigma$  = Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

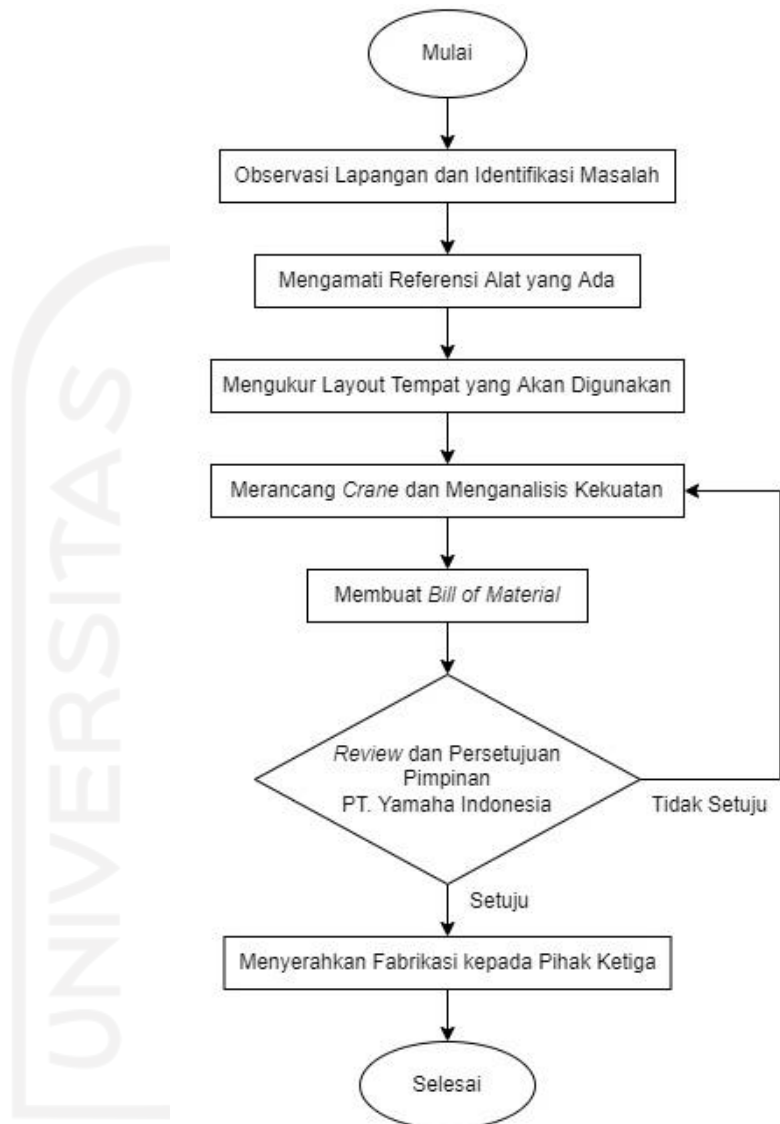
Selanjutnya menghitung diameter minimum masing-masing baut dengan persamaan

$$d = \sqrt{\left(\frac{4 \times A}{\pi}\right)} \quad (3.9)$$

Dengan:

$d$  = Diameter minimum baut (mm)

Secara umum alur penelitian untuk perancangan pada tugas akhir ini dapat dilihat pada diagram alir Gambar 3- 10 berikut.



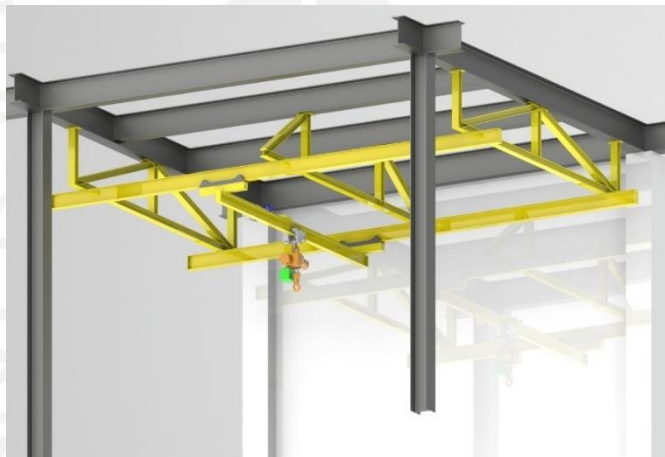
Gambar 3- 10 Diagram alir penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Perancangan *Crane 2-axis*

Proses perancangan dilakukan melalui beberapa tahap dengan melibatkan pihak perusahaan yang diantaranya adalah kepala kelompok, *manager production engineering*, dan wakil *president director* PT. Yamaha Indonesia. Hasil rancangan *overhead crane* telah disetujui oleh direksi, kemudian diserahkan kepada pihak ketiga untuk dilakukan pembuatan atau fabrikasi. Hasil rancangan *overhead crane 2-axis* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4- 1 berikut.



Gambar 4- 1 Hasil rancangan *overhead crane 2-axis*

#### 4.2 Perancangan Struktur Utama *Crane*

Pembuatan rancangan dimulai dengan memilih bahan dan komponen-komponen yang sesuai dengan kebutuhan. Pemilihan komponen dapat dilakukan dengan menentukan seberapa besar beban yang akan diterima dan membandingkan dengan kemampuan komponen tersebut.

*Crane* yang saat ini digunakan pada bagian *sanding bearing* memiliki beberapa bahan dan komponen yang masih dapat difungsikan kembali untuk *crane 2-axis*. Salah satu komponen yang masih dapat digunakan adalah *electric chain hoist* Nitchi yang memiliki kapasitas hingga 500kg. Kapasitas sebesar itu sudah lebih dari cukup untuk mengangkat *frame* dengan berat 80kg. *Hoist*

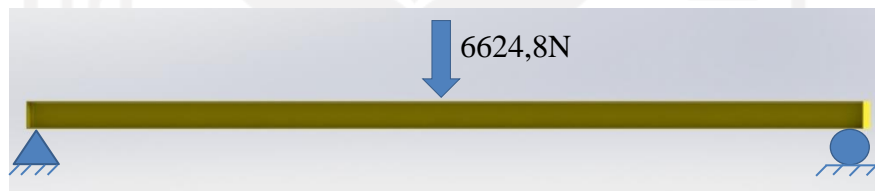
tersebut dapat bergerak terhadap *girder* secara elektrik. Penggunaan kembali *electric chain hoist* Nitchi dapat menghemat pengeluaran perusahaan. Komponen tersebut masih sangat layak digunakan, sehingga kami memutuskan untuk menggunakannya kembali.

#### 4.2.1 Pemilihan Ukuran Batang untuk *Girder* dan *Bridge*

Pada *crane* 1-sumbu sebelumnya, batang *girder* berupa besi WF 200mm x 100mm dengan panjang 7000mm. Kebutuhan panjang batang untuk *girder* pada *crane 2-axis* yang akan dirancang juga sebesar 7000mm dengan jumlah 2 buah, oleh karena itu penulis dengan persetujuan dari pihak perusahaan mempertimbangkan penggunaan kembali besi WF yang sudah ada, sehingga jumlah pembelian besi WF untuk *girder* dapat dikurangi untuk 1 buah saja.

##### a) Simulasi Pembebanan Batang *Girder*

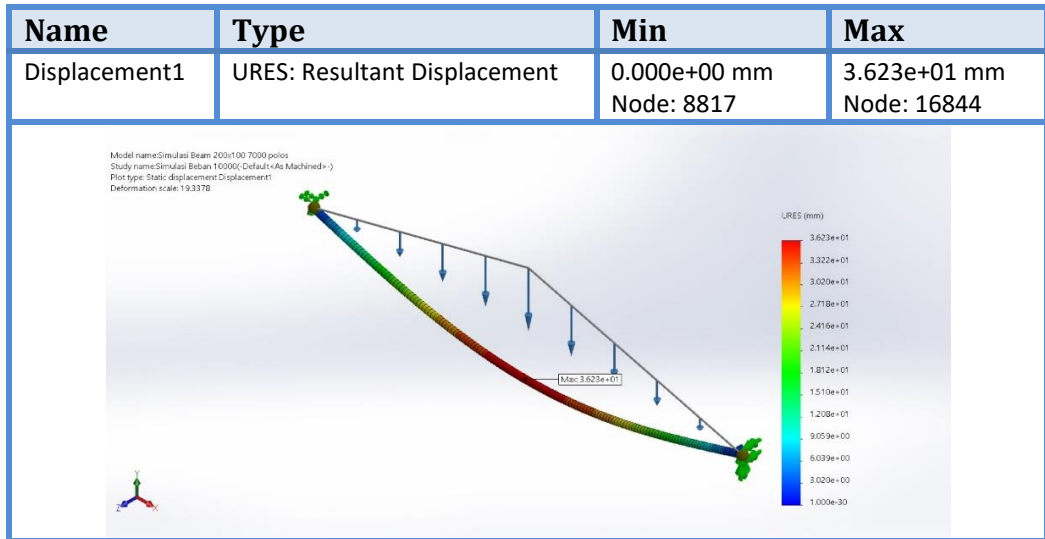
Pengujian dilakukan pada besi WF dengan ukuran tersebut menggunakan perangkat lunak Solidworks untuk memastikan bahwa besi WF dengan ukuran tersebut dapat digunakan untuk pembuatan *crane* 2-sumbu.



Gambar 4- 2 Ilustrasi pembebanan batang *girder*

Simulasi untuk 1 buah batang *girder* dengan memberi 2 tumpuan pada kedua ujung batang dengan panjang 7000mm, yang berperan sebagai tiang penyangga, dapat dilihat pada Gambar 4- 2. Batang *girder* diberi beban terpusat dengan asumsi sebesar 6624,8N, yaitu besar beban 3312,4N dikalikan dengan faktor keselamatan 2 kali. Beban diletakkan tepat di tengah batang. Defleksi maksimum yang diizinkan untuk batang tersebut dapat dihitung dengan persamaan (3.2).

$$\Delta_{max} = \frac{7000mm}{300}$$
$$\Delta_{max} = 23,33mm$$



Gambar 4- 3 Hasil simulasi pembebanan pada batang *girder*

Berdasarkan hasil simulasi yang dapat dilihat pada Gambar 4- 3, defleksi maksimum yang terjadi pada batang adalah sebesar 36,23mm.

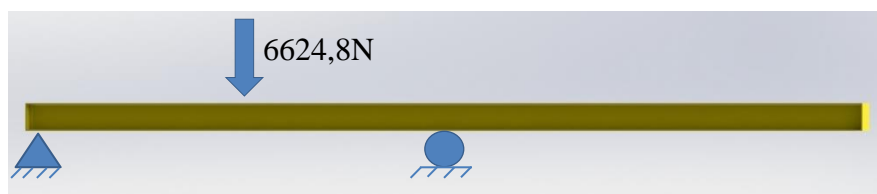
Guna memastikan bahwa besarnya defleksi yang terjadi pada hasil simulasi batang adalah sesuai, maka penulis melakukan perhitungan manual dengan kondisi dan asumsi sifat mekanik material yang sama, dengan menggunakan persamaan (3.1).

$$\delta = \frac{5 \cdot 6,624 \cdot 7000^4}{(384 \cdot 2,5 \times 10^5 \cdot 184 \times 10^5)}$$

$$\delta = \frac{79.521,12 \times 10^{12}}{1.766,4 \times 10^{12}}$$

$$\delta = 45,01mm$$

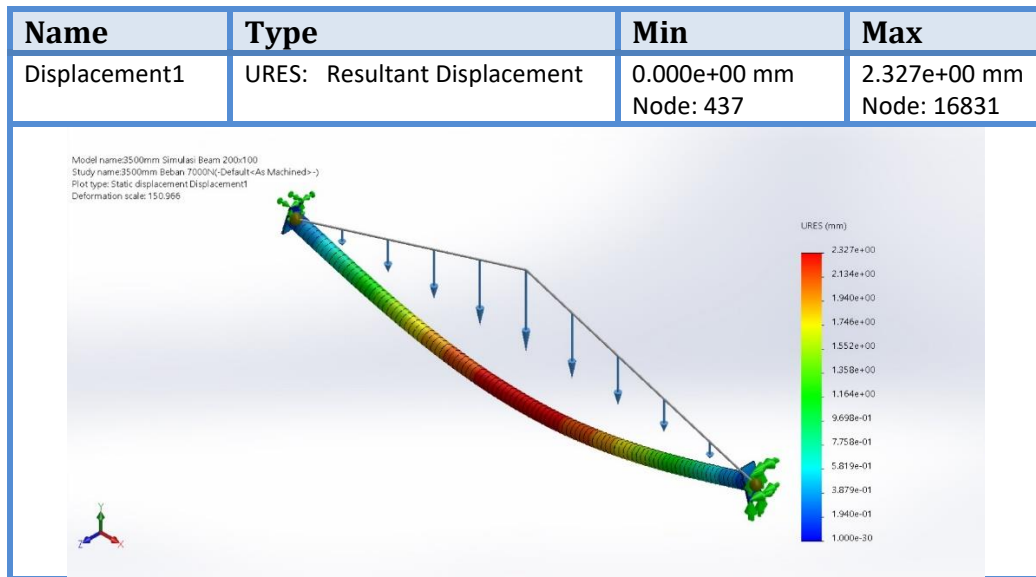
Berdasarkan perhitungan, defleksi yang terjadi batang adalah sebesar 45,01mm. Nilai dari hasil simulasi dan perhitungan melebihi defleksi maksimum yang diizinkan. Oleh karena itu, untuk mengurangi defleksi dan menambah kekuatan struktur, maka tiang penyangga ditambahkan menjadi berjumlah 3 titik. Jika menggunakan tiang penyangga sejumlah 3 titik, maka jarak antar tumpuannya setidaknya sebesar 3500mm.



Gambar 4- 4 Ilustrasi pembebanan *girder* dengan 3 tiang



Simulasi dilakukan kembali dengan jumlah tumpuan 2 titik dan jaraknya menjadi 3500mm, yang mewakili setengah panjang dari panjang *girder*, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4- 4. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4- 5 dengan beban yang sama yaitu 6624,8N di antara 2 tumpuan.



Gambar 4- 5 Hasil simulasi pembebanan jarak tumpuan 3500mm

Perhitungan manual untuk besar defleksi batang dengan kondisi tersebut adalah sebagai berikut.

$$\delta = \frac{5 \cdot 6,624 \cdot 3500^4}{(384 \cdot 2,5 \times 10^5 \cdot 184 \times 10^5)}$$

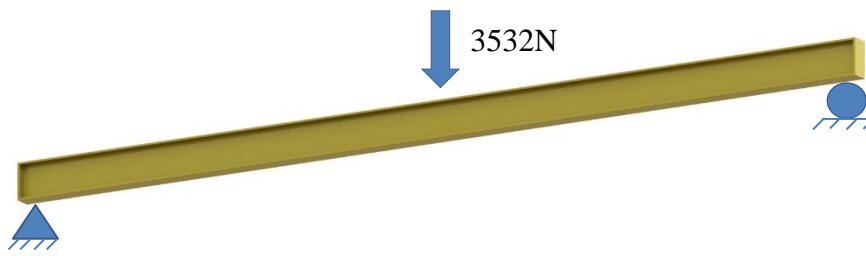
$$\delta = \frac{4.970,07 \times 10^{12}}{1.766,4 \times 10^{12}}$$

$$\delta = 2,81mm$$

Besarnya defleksi maksimum sebesar 2,32mm pada hasil simulasi, dan 2,81mm pada hasil perhitungan manual, sehingga tidak melebihi defleksi maksimum yang diizinkan.

#### b) Pemilihan Batang *Bridge*

*Bridge* akan dibuat menggunakan jenis besi WF yang sama dengan yang ada pada referensi *crane*, yaitu besi WF 160mm x 80mm dengan panjang total 4000mm. Guna memastikan bahwa besi tersebut mampu menahan beban berupa *hoist* dan juga *frame* yang diangkat, simulasi dilakukan untuk mengetahui defleksi maksimum yang akan terjadi.

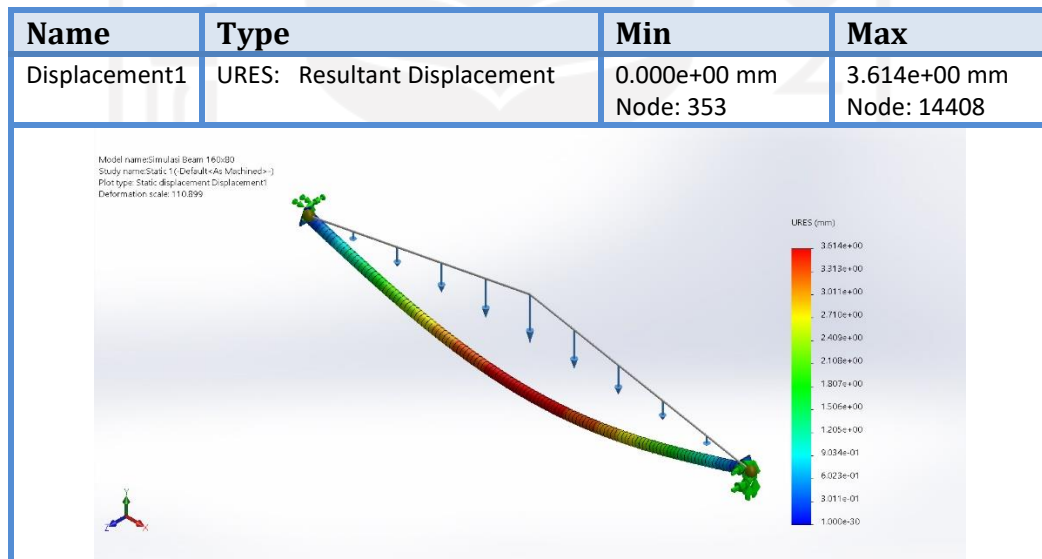


Gambar 4- 6 Ilustrasi pembebanan pada batang *bridge*

Dapat dilihat pada Gambar 4- 6, tumpuan berada pada kedua ujung, yang berperan sebagai *trolley* untuk menahan beban *bridge*. Batang *bridge* diberi beban terpusat di tengah dengan asumsi sebesar 3532N. Maka besarnya defleksi maksimum dihitung menggunakan persamaan (3.2).

$$\Delta_{max} = \frac{4000mm}{300}$$

$$\Delta_{max} = 13,33mm$$

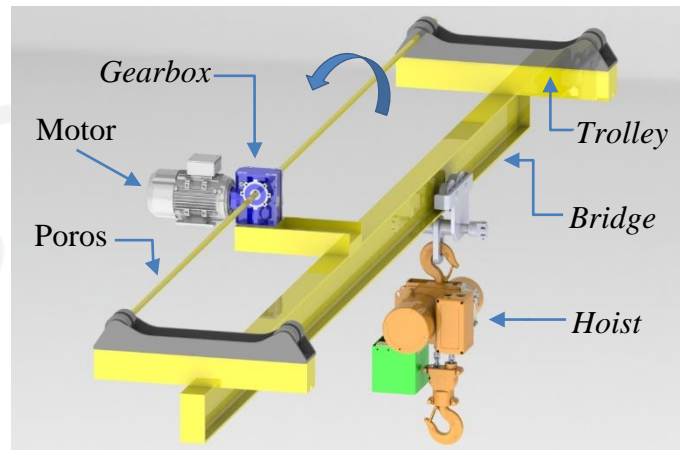


Gambar 4- 7 Hasil simulasi pembebanan pada batang *bridge*

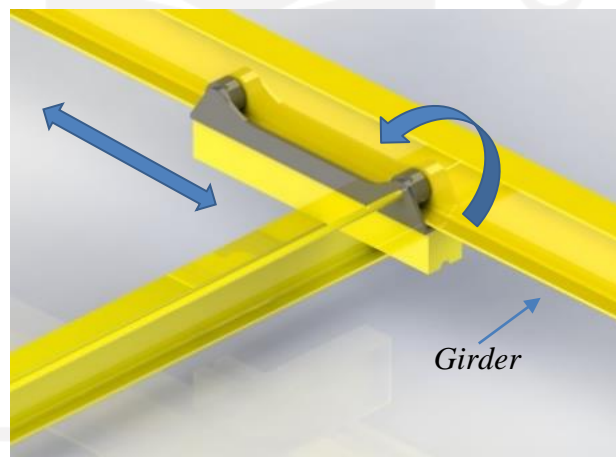
Gambar 4- 7 menunjukkan hasil simulasi pembebanan didapat defleksi maksimum sebesar 3,61mm, sehingga batang *bridge* dengan ukuran tersebut dapat digunakan karena tidak melebihi defleksi maksimum yang diizinkan.

### 4.2.2 Mekanisme Gerak *Bridge* terhadap *Girder*

Rancangan perakitan *bridge* dengan *trolley* beserta motor dan *gearbox* sebagai sumber penggerak *bridge* terhadap *girder* kurang lebih adalah seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4- 8 di bawah ini.



Gambar 4- 8 Rancangan perakitan *bridge*



Gambar 4- 9 Ilustrasi pergerakan *bridge* terhadap *girder*

Ilustrasi mekanisme gerak *bridge* terhadap *girder* dapat dilihat pada Gambar 4- 9. Struktur *bridge* digerakkan oleh motor penggerak melalui *worm gearbox* dan poros untuk memutar roda pada *trolley*.

### 4.2.3 Menentukan Kombinasi Motor dan *Gearbox* yang Sesuai

- a) Pemilihan Motor

Besarnya daya motor yang diperlukan untuk menggerakkan struktur *bridge* terhadap *girder* dapat ditentukan dengan melakukan perhitungan, dengan asumsi:

- Percepatan gravitasi =  $9,8\text{m/s}^2$ .
- Beban atau massa yang akan digerakkan motor berdasarkan perkiraan dan perhitungan perangkat lunak SolidWorks adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Asumsi massa pada masing-masing bagian *bridge*

| Bagian                    | Massa (kg) | Berat (N)     |
|---------------------------|------------|---------------|
| <i>Bridge dan Trolley</i> | 158        | 1548,4        |
| Motor & <i>gearbox</i>    | 20         | 198           |
| <i>Hoist</i>              | 60         | 588           |
| Beban ( <i>Frame</i> )    | 100        | 980           |
| <b>Total</b>              | <b>338</b> | <b>3312,4</b> |

- Kecepatan gerak *bridge* terhadap *girder* ( $v$ ) yang diperlukan adalah  $0,7\text{m/s}$  (kecepatan tertinggi).
- Nilai koefisien gesek *bearing* menurut Koyo Bearing =  $0,0015$ .

Adanya asumsi-asumsi di atas akan mempermudah perhitungan besar daya motor yang diperlukan untuk penggerak *bridge*. Hal pertama yang dilakukan adalah menghitung gaya gesek yang terjadi antara roda dengan rel menggunakan persamaan (3.3).

$$F_{rolling} = 0,0015 \times 3312,4\text{N} \times 2$$

$$F_{rolling} = 9,93\text{N}$$

Selanjutnya menghitung daya motor yang diperlukan untuk penggerak menggunakan persamaan (3.4) sebagai berikut.

$$P_{rolling} = 9,93\text{N} \times 0,7\text{m/s}$$

$$P_{rolling} = 6,95\text{Nm/s}$$

$$P_{rolling} = 6,95\text{Watt}$$

Jika efisiensi motor dan *gearbox* diasumsikan sebesar 85%, maka daya motor yang diperlukan adalah sebesar  $8,17\text{Watt}$ .

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, maka dipilih motor merek Teco seri 90L dengan spesifikasi daya  $1.5\text{kW}$  dengan kecepatan  $3000\text{rpm}$  beserta *worm gearbox* seri NMRV 090. Penulis memutuskan untuk menggunakan kombinasi

motor dan *gearbox* dari merek Teco, salah satunya karena data teknis terkait produk dari merek tersebut relatif mudah didapatkan dan cukup lengkap.

b) Pemilihan *Worm Gearbox*

Pemilihan *gearbox* setidaknya ditentukan oleh 2 hal, yaitu kesesuaian bentuk dan ukuran untuk dipasangkan dengan motor, dan rasio reduksi gir. Penggunaan *gearbox* dengan merek yang sama dengan motor mempermudah pencarian spesifikasi, sehingga pada bagian ini penulis hanya perlu mencari rasio reduksi yang diperlukan untuk mekanisme pergerakan *bridge*.

Rasio gir yang diperlukan untuk mekanisme pergerakan *bridge* dapat diketahui dengan beberapa melakukan perhitungan parameter yang ada.

Diketahui:

- Diameter roda *trolley* ( $D$ ) = 80mm
- Kecepatan gerak *bridge* ( $V$ ) = 0,5m/s – 0,7m/s
- Kecepatan putar motor ( $n$ ) = 3000rpm

Hal pertama yang dilakukan adalah menghitung keliling roda pada *trolley* dengan persamaan (3.5).

$$k = 3,14 \times 80mm$$

$$k = 251,2mm$$

Berikutnya menghitung batas minimum dan maksimum kecepatan putar roda yang dibutuhkan berdasarkan kecepatan gerak *bridge* dengan persamaan (3.6).

- Kecepatan putar roda pada gerak *bridge* 0,5m/s

$$n \text{ roda min} = \frac{0,5m/s}{251,2mm}$$

$$n \text{ roda min} = \frac{500mm/s}{251,2mm}$$

$$n \text{ roda min} = 1,99rps$$

$$n \text{ roda min} = 119,42rpm$$

- Kecepatan putar roda pada gerak *bridge* 0,7m/s

$$n \text{ roda max} = \frac{0,7m/s}{251,2mm}$$

$$n \text{ roda max} = \frac{700mm/s}{251,2mm}$$

$$n \text{ roda max} = 2,79\text{rps}$$

$$n \text{ roda max} = 167,19\text{rpm}$$

Selanjutnya mencari rasio reduksi gir untuk kecepatan gerak *bridge* minimum dan maksimum menggunakan persamaan (3.7), kemudian memilih rasio reduksi *gearbox* yang ada pada rentang tersebut.

- Rasio reduksi gir pada gerak *bridge* 0,5m/s

$$\text{rasio A} = 1 : \frac{3000\text{rpm}}{119,42\text{rpm}}$$

$$\text{rasio A} = 1:25,12$$

- Rasio reduksi gir pada gerak *bridge* 0,7m/s

$$\text{rasio B} = 1 : \frac{3000\text{rpm}}{167,19\text{rpm}}$$

$$\text{rasio B} = 1:17,94$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapatkan rasio reduksi gir 1:25,12 untuk batas kecepatan minimum, dan rasio 1:17,94 untuk batas kecepatan maksimum. Dari rentang angka tersebut didapat hasil pencarian spesifikasi *gearbox* merek Teco yang memenuhi spesifikasi dengan rasio 1:20. Rasio reduksi gir 1:20 dapat menghasilkan kecepatan gerak *bridge* di antara batas kecepatan minimum dan maksimumnya, dengan persamaan

$$n \text{ roda} = \text{rasio} \times n$$

$$n \text{ roda} = \frac{1}{20} \times 3000$$

$$n \text{ roda} = 150\text{rpm} \rightarrow 2,5\text{rps}$$

Maka kecepatan gerak *bridge* yang dihasilkan dengan rasio reduksi tersebut adalah

$$V = n \text{ roda} \times k$$

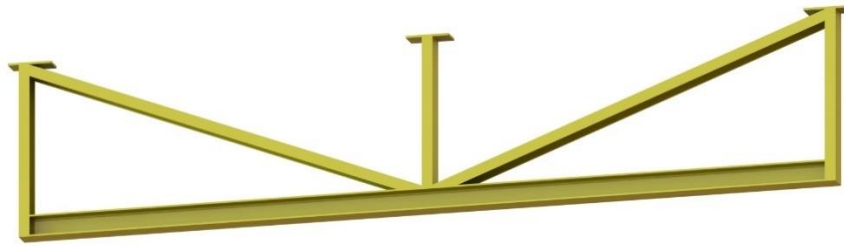
$$V = 2,5\text{rps} \times 251,2\text{mm}$$

$$V = 628\text{mm/s} \rightarrow 6,28\text{m/s}$$

### 4.3 Perancangan Struktur Penyangga Crane

Struktur penyangga *crane* dibuat menggunakan besi profil *H Beam* 100mm x 100mm pada bagian bawah dan besi profil *C Channel* 100mm x 50mm

pada bagian tiang. Gambar rancangan struktur penyangga kurang lebih akan seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4- 10 dan Gambar 4- 11 berikut ini.



Gambar 4- 10 Struktur penyangga bagian ujung

Rancangan struktur penyangga memiliki dimensi tinggi 807mm dan panjang bentangan 4300mm.



Gambar 4- 11 Struktur penyangga bagian tengah

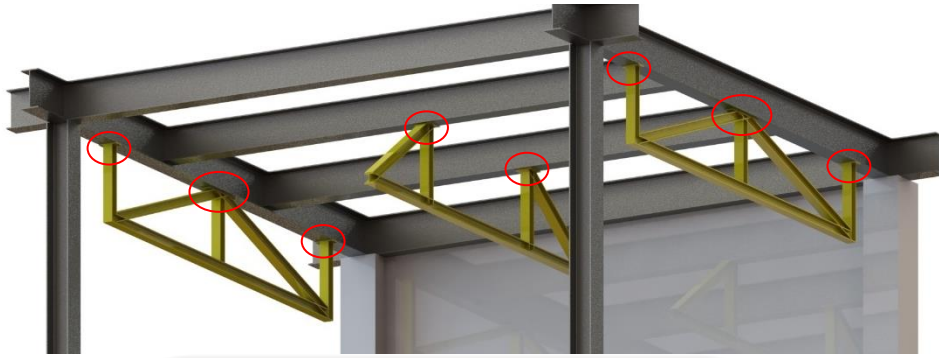
Detail lebih lanjut mengenai rancangan tiang penyangga tidak dibahas karena bentuknya kurang lebih akan sama dengan yang ada pada referensi *crane* yang ada dan akan dibuat oleh vendor yang sama.

#### **4.4 Pemasangan *Crane* pada Konstruksi Bangunan**

Struktur *Crane* dipasang pada konstruksi bangunan pabrik menggunakan 3 buah tiang penyangga yang disambung menggunakan baut.

##### **4.4.1 Pemasangan Tiang Penyangga pada Konstruksi Bangunan**

Posisi pemasangan struktur penyangga pada konstruksi bangunan pabrik kurang lebih seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4- 12 berikut.



Gambar 4- 12 Posisi pemasangan struktur penyangga pada konstruksi pabrik

Konstruksi bangunan pabrik terdiri dari profil *I Beam* 400mm x 200mm pada balok induk dan *I Beam* 350mm x 200mm pada balok anak. Pemasangan struktur penyangga dilakukan menggunakan baut dan mur dengan jarak antar tiang sebesar 3000mm.

Dapat dilihat pada Gambar 4- 12, bagian yang ditandai dengan lingkaran berwarna merah merupakan bagian ujung tiang struktur penyangga yang akan disambungkan dengan balok konstruksi menggunakan baut dan mur. Ujung tiang berjumlah 8 buah, masing-masing ujung tiang akan diberi baut sebanyak 4 buah, maka jumlah baut untuk pemasangan tiang struktur penyangga ke konstruksi bangunan adalah 32 buah baut. Ilustrasi pemasangan baut dapat dilihat pada Gambar 4- 13 berikut.



Gambar 4- 13 Ilustrasi pemasangan tiang penyangga ke konstruksi bangunan dengan baut



#### 4.4.2 Menentukan Diameter Baut Minimum untuk Pemasangan Penyangga

Beberapa asumsi digunakan untuk mempermudah perhitungan sehingga didapat ukuran diameter minimum baut yang sesuai dan aman digunakan untuk menyambungkan struktur penyangga dengan konstruksi bangunan. Perhitungan dilakukan dengan asumsi pada kondisi terburuk, posisi beban berada diujung sehingga hanya bertumpu pada 1 ujung tiang penyangga sehingga hanya 4 buah baut yang menyangga seluruh beban.

Asumsi:

- 1) Beban terpusat pada 1 ujung tiang penyangga.
- 2) Faktor keamanan sebesar 2 kali.
- 3) Menggunakan baut *grade* 8.8 dengan kekuatan tarik ( $\sigma$ ) 800N/mm<sup>2</sup>.

Diketahui:

- Jumlah baut 4 buah
- Jumlah beban pada seluruh baut penyambung antara tiang penyangga dengan konstruksi bangunan

Tabel 4.2 Jumlah beban yang terjadi pada baut

| Bagian                   | Massa (kg)  | Berat (N)      |
|--------------------------|-------------|----------------|
| Struktur <i>Bridge</i>   | 338         | 3312,4         |
| Batang <i>Girder</i> (2) | 320         | 3136           |
| Tiang Penyangga (3)      | 401         | 3929,8         |
| <b>Total</b>             | <b>1059</b> | <b>10378,2</b> |

Menghitung luas penampang minimum masing-masing baut dengan persamaan (3.8).

$$A = 2 \times \frac{10378,2N}{800N/mm^2} / 4$$

$$A = 2 \times \frac{12,97mm^2}{4}$$

$$A = 6,48mm^2$$

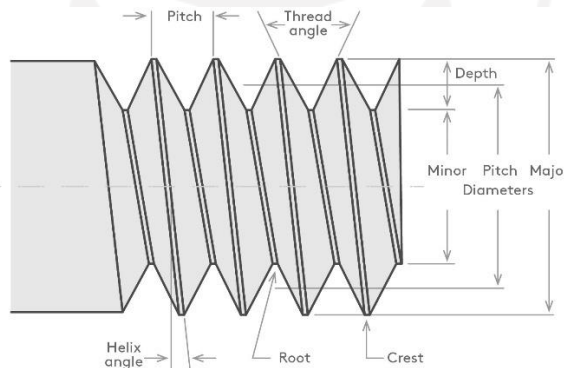
Menghitung diameter minimum baut yang diperlukan dengan persamaan (3.9) sebagai berikut.

$$d = \sqrt{\left(\frac{4 \times 6,48\text{mm}^2}{3,14}\right)}$$

$$d = \sqrt{4,13}$$

$$d = 2,87\text{mm}$$

Maka baut yang digunakan untuk menyambungkan antara tiang penyangga dengan konstruksi bangunan setidaknya harus memiliki diameter lebih besar dari 2,87mm. Berdasarkan perhitungan tersebut dan pertimbangan penggunaan baut pada referensi *crane* dan supaya didapat keamanan yang lebih baik, baut yang akan digunakan adalah baut *grade 8.8* ukuran M10x1,5, yang berarti baut dengan diameter ulir 10mm dan *pitch* atau jarak antar ulirnya 1,5mm. Baut M10x1,5 memiliki diameter terkecil (*minor diameter*) sebesar 7,938mm, sehingga baut dengan ukuran tersebut sudah memenuhi jauh di atas diameter minimum baut yang diperlukan.



Gambar 4- 14 Parameter pada baut

Sumber: <https://www.essentracomponents.com/en-us/news/guides/what-is-the-difference-between-metric-and-standard-fasteners>

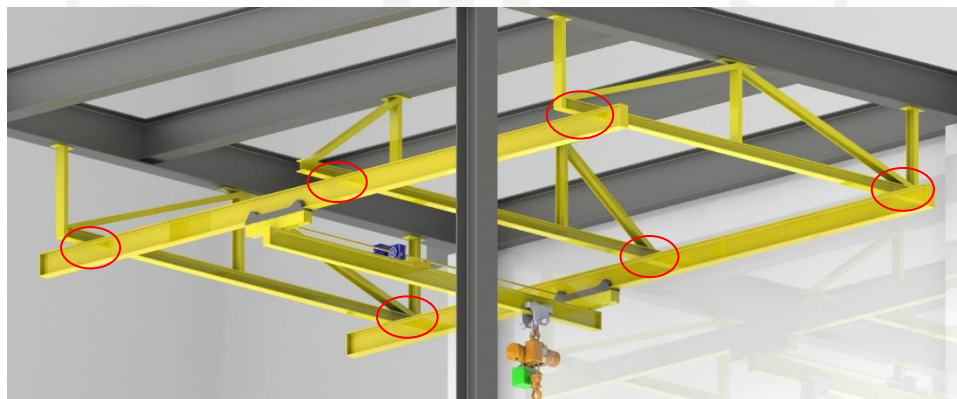
Guna memastikan bahwa baut dengan ukuran M10x1,5 dapat menahan beban keseluruhan *crane*, maka dilakukan simulasi analisis tegangan pada baut. Simulasi dilakukan dengan kondisi yang kurang lebih sama dengan kondisi pada perhitungan di atas, yaitu seluruh beban diasumsikan bertumpu pada satu ujung tiang penyangga dengan baut berjumlah 4 buah. Besarnya beban sama, yaitu 10378,2N dengan faktor keamanan sebesar 2 kali. Kekuatan tarik baut juga sama, yaitu 800N/mm<sup>2</sup>.



Gambar 4- 15 Hasil simulasi analisis pada sambungan baut

Berdasarkan hasil simulasi seperti yang dapat dilihat pada gambar di atas, seluruh baut mampu menahan beban yang diberikan dengan baik.

#### 4.4.3 Pemasangan Struktur *Crane* ke Penyangga



Gambar 4- 16 Ilustrasi pemasangan struktur *crane* pada tiang penyangga

Pada Gambar 4- 16 di atas, struktur *crane* disambungkan dengan tiang penyangga melalui bagian atas *girder*. Kedua buah batang *girder* dipasang sejajar dengan jarak 3700mm antara batang satu dengan yang lainnya. Sama seperti

pemasangan struktur penyangga ke konstruksi bangunan, pemasangan struktur *crane* dan tiang penyangga disambungkan menggunakan baut. Terdapat 6 titik sambungan yang ditandai dengan lingkaran merah. Masing-masing titik menggunakan 4 buah baut untuk menyambungkan, sehingga baut yang digunakan untuk menyambungkan berjumlah 24 buah.

#### 4.4.4 Menentukan Diameter Baut Minimum untuk Pemasangan Struktur *Crane*

Asumsi:

- 1) Beban merata pada 1 titik sambungan.
- 2) Menggunakan baut *grade 8.8* dengan  $\sigma = 800\text{N/mm}^2$ .
- 3) Faktor keamanan 2 kali.

Diketahui:

- Jumlah baut 4 buah
- Beban 6448,4N

Menghitung luas penampang minimum masing-masing baut dengan persamaan (3.7).

$$A = 2 \times \frac{6448,4\text{N}}{800\text{N/mm}^2} / 4$$

$$A = 2 \times \frac{8,06\text{mm}^2}{4}$$

$$A = 4,03\text{mm}^2$$

Menghitung diameter minimum baut yang diperlukan menggunakan persamaan (3.8).

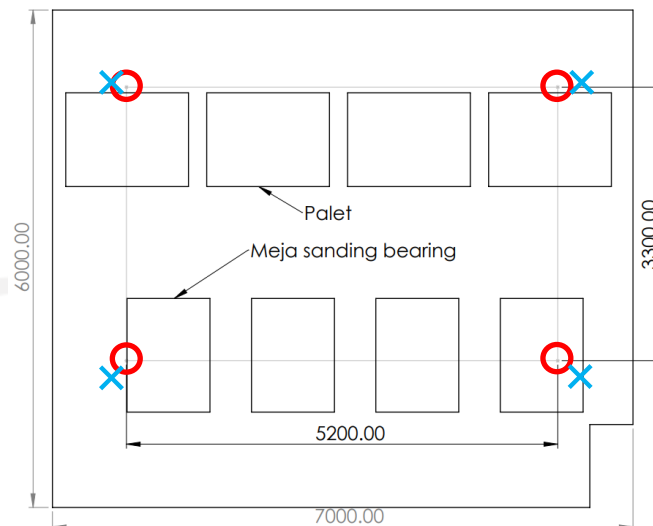
$$d = \sqrt{\left(\frac{4 \times 4,03\text{mm}^2}{3,14}\right)}$$

$$d = \sqrt{3,43}$$

$$d = 2,26\text{mm}$$

Baut yang akan digunakan untuk penyambung *crane* dengan tiang penyangga sama dengan baut penyambung tiang penyangga dan konstruksi bangunan, yaitu baut *grade 8.8* ukuran M10x1,5mm.

#### 4.5 Hasil Setelah Menggunakan *Crane 2-axis*



Gambar 4- 17 *Layout* ilustrasi jarak jangkauan pergerakan *hoist overhead crane*

Berdasarkan hasil rancangan, dapat diketahui jarak jangkauan pergerakan *hoist* pada *overhead crane*. Pada Gambar 4- 17 dapat dilihat bahwa jarak jangkauan *hoist* yang ditandai dengan simbol (x) dapat menjangkau dan melewati posisi seharusnya yang ditandai dengan simbol (O).

Pengoperasian *crane* dapat dilakukan hanya dengan menekan tombol yang memiliki fungsi kiri-kanan, maju mundur, dan juga pergerakan naik-turun *hoist*. Gambar 4- 18 adalah ilustrasi proses pengangkatan *frame* menggunakan *crane 2-axis* pada bagian *frame delivery*. Pada proses pengangkatan tersebut, operator hanya perlu mengarahkan *frame* yang diangkat dan menggerakkan *hoist* dengan tombol karena *hoist* pada *crane* sudah dapat bergerak kanan-kiri dan maju-mundur secara elektrik. Penggunaan *overhead crane 2-axis* untuk mengangkat *frame*, operator tidak perlu menahan beban ayun pada *frame* karena posisi *hoist* dapat bergerak mengikuti arah yang diinginkan.



Gambar 4- 18 Proses mengangkat *frame* pada bagian *frame delivery*

Jika *overhead crane 2-axis* diterapkan pada bagian *sanding bearing*, maka dapat meminimalisir potensi bahaya yang menyebabkan operator terjatuh karena terdorong beban ayun *frame* atau operator tertimpa *frame* yang disebabkan karena posisi *hoist* tidak sejajar dengan bebannya. Selain itu, penggunaan *overhead crane 2-axis* juga dapat memudahkan operator dalam proses mengangkat *frame* dan meringankan beban pekerjaan operator sehingga operator tidak mudah lelah. Pekerjaan yang lebih ringan akan meningkatkan produktivitas pada operator, sehingga diharapkan akan berimbas juga pada meningkatnya produktivitas bagi perusahaan.

## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. *Overhead crane 1-axis* yang ada pada bagian *sanding bearing* saat ini dapat berpotensi bahaya pada operator karena dapat menyebabkan operator terjatuh atau tertimpa *frame*.
2. Telah dirancang *overhead crane 2-axis* untuk menggantikan *overhead crane* yang ada.
3. *Overhead crane 2-axis* hasil rancangan memiliki kekuatan struktur yang baik.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat penulis berikan untuk perancangan selanjutnya:

- Observasi lapangan sebaiknya dilakukan dengan lebih maksimal dan lebih detail.
- Pemilihan material atau komponen pada alat yang dirancang harus dilakukan dengan berbagai pertimbangan dan perhitungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Australian Standard. (1989). *SAA Loading Code - Minimum Design Loads on Structures*. Homebush: Standards Australia.
- Bey-Temsamani, A et al. (2022). Intelligent Overhead Crane Improves Operator Ergonomics and Productivity. *Elsevier*.
- Feri Fariyanto, S. F. (2021). Perancangan Aplikasi Pemilihan Kepala Desa dengan Metode UX Design Thinking. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*.
- Harsokoesoemo, H. D. (2005). *Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk) Edisi Kedua*. ITB Press.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety-I and Safety-II*. London: CRC Press.
- J. De Kok, et al. (2019). *Work-related Musculoskeletal Disorders: Prevalence, Costs and Demographics in the EU*. Luxembourg: European Agency for Safety and Health at Work.
- Kirby, B. R. (1995). The Behaviour of High-strength Grade 8.8 Bolts in Fire. 3-38.
- Lestari, D. A. (2013). Penilaian Risiko pada Pengoperasian Overhead Crane (OHC) di Workshop Fabrikasi PT Bangun Sarana Baja Gresik. *Skripsi*.
- Maleki, et al. (2013). Dynamic Response of a Dual-Hoist Bridge Crane. *ASME 2013 Dynamic Systems and Control Conference*.
- Palinko, M. (2016). Estimation of Wheel-rail Friction at Vehicle Certification Measurements.
- Prasetyawati, M. (2016). Usulan Perencanaan Kebutuhan Material Electric Chain Hoist dengan Metode MRP di PT. XYZ. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*.
- Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*. Academic Press.
- Tarwaka. (2008). *Manajemen Implementasi K3 di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.



# LAMPIRAN 1

## TINGKAT SEVERITY, DETECTION, DAN OCCURRENCE FMEA

Tabel 2.2. Tingkat Severity FMEA Proses

| Efek                           | Ranking | Kriteria   |
|--------------------------------|---------|--|
| Berbahaya tanpa ada peringatan | 10      | Dapat membahayakan operator (mesin atau peralatan) tanpa adanya peringatan   |
| Berbahaya dengan peringatan    | 9       | Dapat membahayakan operator dengan peringatan  |
| Gangguan bersifat mayor        | 8       | Seluruh komponen (100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )   |
| Gangguan yang signifikan       | 7       | Sebagian komponen (<100%) yang dihasilkan tidak dapat digunakan ( <i>scrap</i> )   |
| Gangguan yang bersifat sedang  | 6       | Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang secara <i>off-line</i> dan diterima ( <i>rework</i> )   |
| Gangguan yang bersifat sedang  | 5       | Sebagian (<100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang secara <i>off-line</i> dan diterima ( <i>rework</i> ) |
| Gangguan yang bersifat sedang  | 4       | Seluruh (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>in-station</i> sebelum menuju proses selanjutnya     |
|                                | 3       | Sebagian (100%) komponen yang dihasilkan perlu dilakukan pengerjaan ulang <i>in-station</i> sebelum menuju proses selanjutnya    |
| Gangguan bersifat minor        | 2       | Efek yang kecil pada proses, operasi atau operator   |
| Tidak Ada                      | 1       | Tanpa efek   |

Tabel 2.3. Tingkat Occurrence FMEA Proses

| Kemungkinan Kegagalan                           | Tingkat Kegagalan            | Ranking |
|---|------------------------------|---------|
| Sangat tinggi : kegagalan terus menerus terjadi | $\geq 100$ dari 1000 satuan  | 10      |
|   | 50 dari 1000 satuan          | 9       |
| Tinggi : kegagalan sering terjadi               | 20 dari 1000 satuan          | 8       |
|   | 10 dari 1000 satuan          | 7       |
| Menengah : kegagalan kadang-kadang terjadi      | 5 dari 1000 satuan           | 6       |
|   | 2 dari 1000 satuan           | 5       |
|   | 1 dari 1000 satuan           | 4       |
| Rendah : kegagalan sedikit terjadi              | 0,5 dari 1000 satuan         | 3       |
|   | 0,1 dari 1000 satuan         | 2       |
| Hampir tidak ada kegagalan terjadi              | $\leq 0,01$ dari 1000 satuan | 1       |

Tabel 2.4. Tingkat Detection FMEA Proses

| Deteksi              | Tipe Inspeksi |   |   | Ranking | Kriteria  |
|----------------------|---------------|---|---|---------|---|
|                      | A             | B | C |         |   |
| Hampir Pasti         | X             |   |   | 1       | Komponen yang tidak sesuai tidak dapat dihasilkan   |
| Sangat Tinggi        | X             | X |   | 2       | <i>Error detection in station (automatic gauging</i> dengan fitur pemberhentian secara otomatis). Tidak dapat melewatkan komponen yang tidak sesuai.  |
| Tinggi               | X             | X |   | 3       | <i>Error detection in station</i> , atau <i>error detection</i> pada operasi berikutnya dengan tipe penerimaan ( <i>acceptance</i> ) yang berapis : <i>supply, select, install, verify</i> . Tidak dapat menerima komponen yang tidak sesuai. |
| Cukup Tinggi         | X             | X |   | 4       | <i>Error detection</i> pada operasi berikutnya, atau pengukuran saat setup dan pemeriksaan pada komponen pertama yang dihasilkan ( <i>first-piece check</i> )   |
| Sedang               |               | X |   | 5       | Kontrol deteksi berdasarkan pengukuran setelah komponen meninggalkan stasiun ( <i>variable gauging</i> ), atau <i>Go/No Go gauging</i> dilakukan pada 100% dari komponen setelah komponen meninggalkan stasiun.                               |
| Rendah               |               | X | X | 6       | Kontrol deteksi dilakukan dengan metode SPC ( <i>Statistical Process Control</i> )  |
| Sangat Rendah        |               |   | X | 7       | Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan ganda secara visual  |
| Kecil                |               |   | X | 8       | Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan secara visual  |
| Sangat Kecil         |               |   | X | 9       | Kontrol deteksi dilakukan hanya dengan pemeriksaan secara random  |
| Hampir Tidak Mungkin |               |   | X | 10      | Tidak dapat mendeteksi  |

**LAMPIRAN 2**  
**NILAI KOEFISIEN GESEK PADA *BEARING***

| Bearing type                               | Friction coefficient ( $\mu$ ) |
|--|--------------------------------|
| Deep groove ball bearing                   | 0.0010~0.0015                  |
| Angular contact ball bearing               | 0.0012~0.0020                  |
| Self-aligning ball bearing                 | 0.0008~0.0012                  |
| Cylindrical roller bearing                 | 0.0008~0.0012                  |
| Full complement type needle roller bearing | 0.0025~0.0035                  |
| Needle roller and cage assembly            | 0.0020~0.0030                  |
| Tapered roller bearing                     | 0.0017~0.0025                  |
| Spherical roller bearing                   | 0.0020~0.0025                  |
| Thrust ball bearing                        | 0.0010~0.0015                  |
| Spherical thrust roller bearing            | 0.0020~0.0025                  |



# LAMPIRAN 3

## SPESIFIKASI MOTOR DAN GEARBOX

### 3.2 ELECTRIC MOTORS

### TECHNICAL CATALOGUE

#### 3.2.3 Nominal power - [kW]

|       | 63A  | 63B  | 63C  | 71A  | 71B  | 71C  | 80A  |      |      | 80B  |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Poles | TS   | TS   | TS   | TS   | TS   | TS   | TS   | TH   | TP   | TS   | TH   | TP   |
| 2     | 0,18 | 0,25 | 0,37 | 0,37 | 0,55 | -    | -    | 0,75 | 0,75 | -    | 1,1  | 1,1  |
| 4     | 0,12 | 0,18 | 0,22 | 0,25 | 0,37 | 0,55 | 0,55 | -    | -    | -    | 0,75 | 0,75 |
| 6     | 0,09 | 0,12 | 0,15 | 0,18 | 0,25 | 0,37 | 0,37 | -    | -    | 0,55 | -    | -    |

|       | 90S |      | 90L  |     | 100LR | 100L | 100LA | 112MR | 112MS | 112MA | 112M |
|-------|-----|------|------|-----|-------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| Poles | TH  | TP   | TH   | TP  | TP    | TH   | TP    | TP    | TP    | TH    | TP   |
| 2     | 1,5 | 1,5  | 2,2  | 2,2 | -     | 3    | 3     | -     | -     | 4     | 4    |
| 4     | 1,1 | 1,1  | 1,5  | 1,5 | -     | -    | 2,2   | 2,2   | 3     | 4     | 4    |
| 6     | -   | 0,75 | 0,75 | -   | 1,1   | 1,5  | 1,1   | -     | -     | 2,2   | 2,2  |

|       | 112MR | 112MS | 132S | 132SA | 132MS | 132SB | 132M | 132MA | 132MB |     |     |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-----|-----|
| Poles | TP    | TP    | TP   | TH    | TP    | TH    | TP   | TH    | TP    | TH  | TP  |
| 2     | -     | -     | 5,5  | 5,5   | -     | 7,5   | 7,5  | 9,2   | -     | -   | -   |
| 4     | 2,2   | 3     | -    | 5,5   | 5,5   | -     | 7,5  | 7,5   | -     | 9,2 | -   |
| 6     | -     | -     | 3    | 3     | -     | -     | -    | 4     | 4     | 5,5 | 5,5 |

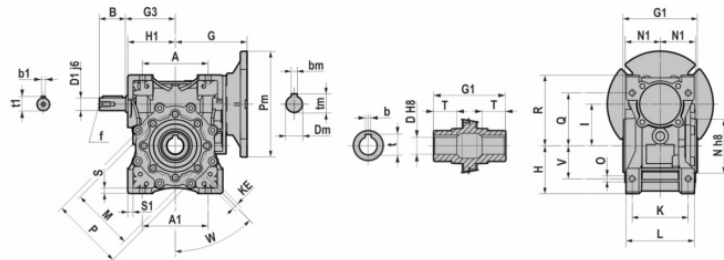
  

|       | 160M | 160MA | 160MB | 160L | 160LA | 180M | 180L |
|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|
| Poles | TP   | TP    | TP    | TP   | TP    | TP   | TP   |
| 2     | -    | 11    | 15    | 18,5 | -     | 22   | -    |
| 4     | -    | 11    | -     | -    | 15    | 18,5 | 22   |
| 6     | 7,5  | -     | -     | -    | 11    | -    | 15   |

|       | 200L | 200LA | 200LB | 225S | 225M | 250M | 280S | 280M |
|-------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Poles | TP   | TP    | TP    | TP   | TP   | TP   | TP   | TP   |
| 2     | -    | 30    | 37    | -    | -    | -    | -    | -    |
| 4     | 30   | -     | -     | 37   | 45   | 55   | 75   | 90   |
| 6     | -    | 18,5  | 22    | -    | -    | -    | -    | -    |

#### 3.1.2 NMRV 030-150



|       | 030   | 040   | 050   | 063   | 075     | 090    | 110                                  | 130    | 150    |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|--------------------------------------|--------|--------|
| A     | 54    | 70    | 80    | 100   | 120     | 140    | 170                                  | 200    | 240    |
| A1    | 54    | 70    | 80    | 100   | 120     | 140    | 164 - 170                            | 200    | 240    |
| B     | 20    | 23    | 30    | 40    | 50      | 50     | 60                                   | 80     | 80     |
| D1 j6 | 9     | 11    | 14    | 19    | 24      | 24     | 28                                   | 30     | 35     |
| G     | 55    | 70    | 80    | 95    | 126,5   | 145    | 185,5 (PAM 132)<br>168 (PAM 080/112) | 180    | 210    |
| G1    | 63    | 78    | 92    | 112   | 120     | 140    | 155                                  | 170    | 200    |
| G3    | 45    | 53    | 64    | 75    | 90      | 108    | 135                                  | 155    | 175    |
| H     | 40    | 50    | 60    | 72    | 86      | 103    | 127,5                                | 147,5  | 170    |
| H1    | 40    | 50    | 60    | 72    | 89      | 103    | 127,5                                | 147,5  | 170    |
| I     | 30    | 40    | 50    | 63    | 75      | 90     | 110                                  | 130    | 150    |
| K     | 44    | 60    | 70    | 85    | 90 - 95 | 100    | 115                                  | 120    | 145    |
| KE    | M6*11 | M6*11 | M8*10 | M8*14 | M8*14   | M10*18 | M10*18                               | M12*21 | M12*21 |
| L     | 56    | 71    | 85    | 103   | 112     | 130    | 144                                  | 155    | 185    |
| M     | 65    | 75    | 85    | 95    | 115     | 130    | 165                                  | 215    | 215    |
| N     | 55    | 60    | 70    | 80    | 95      | 110    | 130                                  | 180    | 180    |
| N1    | 29    | 36,5  | 43,5  | 53    | 57      | 67     | 74                                   | 81     | 96     |
| O     | 6,5   | 6,5   | 8,5   | 8,5   | 11      | 13     | 14                                   | 16     | 18     |
| P     | 75    | 87    | 100   | 110   | 131     | 160    | 200                                  | 250    | 250    |
| Q     | 44    | 55    | 64    | 80    | 93      | 102    | 125                                  | 140    | 180    |
| R     | 57    | 71,5  | 84    | 102   | 123     | 144    | 167,5                                | 187,5  | 230    |
| S     | 5,5   | 6,5   | 7     | 8     | 10      | 11     | 14,5                                 | 15,5   | 18     |
| S1    | 5,5   | 6,5   | 7     | 8     | 13      | 11     | 14,5                                 | 15,5   | 18     |
| V     | 27    | 35    | 40    | 50    | 60      | 70     | 82 - 85                              | 100    | 120    |
| W     | 0     | 45    | 45    | 45    | 45      | 45     | 45                                   | 45     | 45     |
| b1    | 3     | 4     | 5     | 6     | 8       | 8      | 8                                    | 8      | 10     |
| t1    | 10,2  | 12,5  | 16    | 21,5  | 27      | 27     | 31                                   | 33     | 38     |
| f1    | -     | -     | M6    | M6    | M8      | M8     | M10                                  | M10    | M12    |

|     | D H8 | b  | t    | T    |
|-----|------|----|------|------|
| 030 | 14   | 5  | 16,3 | 21   |
| 040 | 18   | 6  | 20,8 | 26   |
|     | 19   | 6  | 21,8 | 26   |
| 050 | 25   | 8  | 28,3 | 30   |
|     | 24   | 8  | 27,3 | 30   |
| 063 | 25   | 8  | 28,3 | 36   |
|     | 28   | 8  | 31,3 | 36   |
|     | 28   | 8  | 31,3 | 40   |
| 075 | 30   | 8  | 33,3 | 40   |
|     | 32   | 10 | 35,3 | 40   |
|     | 35   | 10 | 38,3 | 40   |
|     | 35   | 10 | 38,3 | 45   |
| 090 | 38   | 10 | 41,3 | 45   |
|     | 40   | 12 | 43,3 | 45   |
| 110 | 42   | 12 | 45,3 | 50   |
| 130 | 45   | 14 | 48,8 | 60   |
| 150 | 50   | 14 | 53,8 | 72,5 |

# LAMPIRAN 4

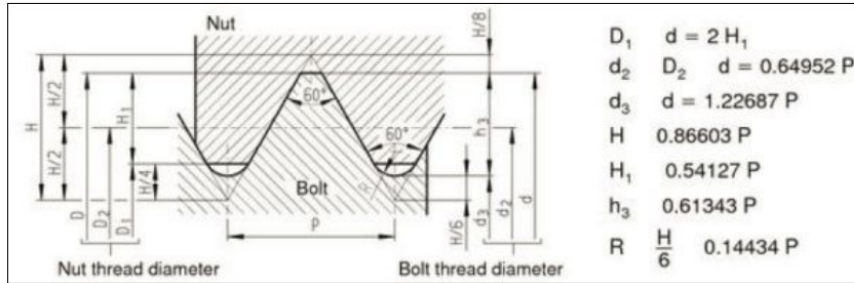
## DETAIL UKURAN BAUT

1/11

METRIC THREAD -- EXTENDED THREAD SIZE RANGE

### MARYLAND METRICS THREAD DATA CHARTS

#### METRIC THREAD -- EXTENDED THREAD SIZE RANGE (ISO)



Thread Height Male Thread = h3    Thread Height Female Thread = H1

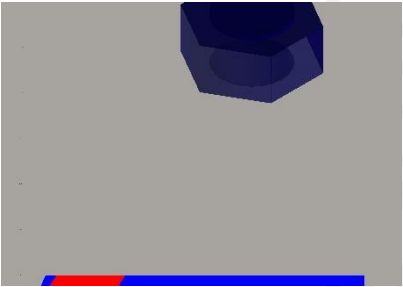
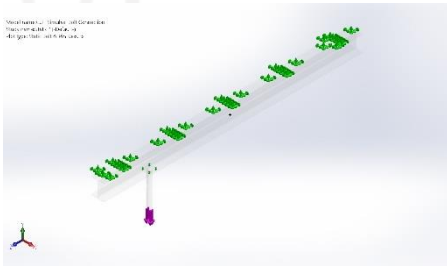
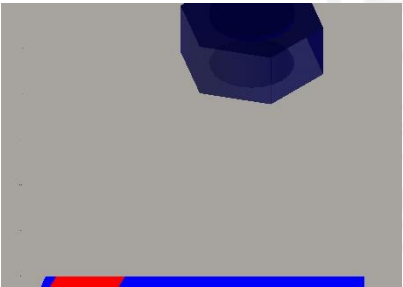
Sorted by thread class

[Click here to return to the thread data chart page index.](#)

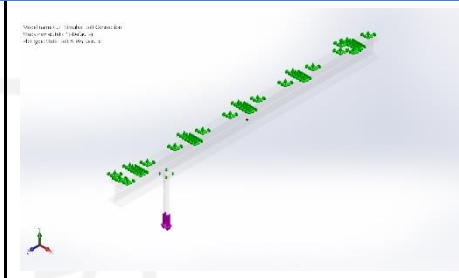
| ISO Metric profile |                    | External (bolt thread)    |          |       |               |       |                 | Internal (nut thread) |              |        |       |              |        | Basic mm        |        |               |        |           |
|--------------------|--------------------|---------------------------|----------|-------|---------------|-------|-----------------|-----------------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-----------------|--------|---------------|--------|-----------|
| Size mm            | Thread Designation | Simple Thread Designation | Pitch mm | Class | Major Dia d=D |       | Pitch Dia d2=D2 |                       | Minor Dia d3 |        | Class | Minor Dia D1 |        | Pitch Dia d2=D2 |        | Major Dia d=D |        | Tap Drill |
|                    |                    |                           |          |       | max.          | min.  | max.            | min.                  | max.         | min.   |       | min.         | max.   | min.            | max.   | min.          | max.   |           |
| 0.25               | M0.25x0.075        | M0.25x0.075               | 0.075    | 6g    | 0.25          | 0.235 | 0.201           | 0.187                 | 0.16         | 0.14   | 6H    | 0.172        | 0.208  | 0.201           | 0.215  | 0.255         | 0.276  | 0.175     |
| 0.3                | M0.3x0.08          | M0.3x0.08                 | 0.08     | 6g    | 0.3           | 0.284 | 0.248           | 0.234                 | 0.204        | 0.183  | 6H    | 0.217        | 0.254  | 0.248           | 0.262  | 0.306         | 0.327  | 0.22      |
| 0.3                | M0.3x0.09          | M0.3x0.09                 | 0.09     | 6g    | 0.3           | 0.283 | 0.242           | 0.226                 | 0.192        | 0.17   | 6H    | 0.206        | 0.247  | 0.242           | 0.257  | 0.306         | 0.33   | 0.21      |
| 8                  | M8x0.5             | M8x0.5                    | 0.5      | 6g    | 7.98          | 7.874 | 7.655           | 7.57                  | 7.439        | 7.262  | 6H    | 7.459        | 7.599  | 7.675           | 7.787  | 8             | 8.184  | 7.5       |
| 9                  | M9x1.25            | M9x1.25                   | 1.25     | 6g    | 8.972         | 8.76  | 8.16            | 8.042                 | 7.619        | 7.272  | 6H    | 7.647        | 7.912  | 8.188           | 8.348  | 9             | 9.34   | 7.75      |
| 9                  | M9x1               | M9x1                      | 1        | 6g    | 8.974         | 8.794 | 8.324           | 8.212                 | 7.891        | 7.596  | 6H    | 7.917        | 8.153  | 8.35            | 8.498  | 9             | 9.292  | 8         |
| 9                  | M9x0.75            | M9x0.75                   | 0.75     | 6g    | 8.978         | 8.838 | 8.491           | 8.391                 | 8.166        | 7.929  | 6H    | 8.188        | 8.378  | 8.513           | 8.645  | 9             | 9.24   | 8.25      |
| 9                  | M9x0.5             | M9x0.5                    | 0.5      | 6g    | 8.98          | 8.874 | 8.655           | 8.57                  | 8.439        | 8.262  | 6H    | 8.459        | 8.599  | 8.675           | 8.787  | 9             | 9.184  | 8.5       |
| 10                 | M10x1.5            | M10                       | 1.5      | 6g    | 9.968         | 9.732 | 8.994           | 8.862                 | 8.344        | 7.938  | 6H    | 8.376        | 8.676  | 9.026           | 9.206  | 10            | 10.396 | 8.5       |
| 10                 | M10x1.25           | M10x1.25                  | 1.25     | 6g    | 9.972         | 9.76  | 9.16            | 9.042                 | 8.619        | 8.272  | 6H    | 8.647        | 8.912  | 9.188           | 9.348  | 10            | 10.34  | 8.75      |
| 10                 | M10x1.12           | M10x1.12                  | 1.12     | 6g    | 9.973         | 9.783 | 9.246           | 9.128                 | 8.761        | 8.438  | 6H    | 8.788        | 9.038  | 9.273           | 9.433  | 10            | 10.322 | 8.88      |
| 10                 | M10x1              | M10x1                     | 1        | 6g    | 9.974         | 9.794 | 9.324           | 9.212                 | 8.891        | 8.596  | 6H    | 8.917        | 9.153  | 9.35            | 9.5    | 10            | 10.294 | 9         |
| 10                 | M10x0.75           | M10x0.75                  | 0.75     | 6g    | 9.978         | 9.838 | 9.491           | 9.391                 | 9.166        | 8.929  | 6H    | 9.188        | 9.378  | 9.513           | 9.645  | 10            | 10.24  | 9.25      |
| 10                 | M10x0.5            | M10x0.5                   | 0.5      | 6g    | 9.98          | 9.874 | 9.655           | 9.57                  | 9.439        | 9.262  | 6H    | 9.459        | 9.599  | 9.675           | 9.787  | 10            | 10.184 | 9.5       |
| 11                 | M11x1.5            | M11x1.5                   | 1.5      | 6g    | 10.97         | 10.73 | 9.994           | 9.862                 | 9.344        | 8.938  | 6H    | 9.376        | 9.676  | 10.026          | 10.196 | 11            | 11.387 | 9.5       |
| 11                 | M11x1              | M11x1                     | 1        | 6g    | 10.97         | 10.79 | 10.32           | 10.21                 | 9.891        | 9.596  | 6H    | 9.917        | 10.153 | 10.35           | 10.5   | 11            | 11.294 | 10        |
| 11                 | M11x0.75           | M11x0.75                  | 0.75     | 6g    | 10.98         | 10.84 | 10.49           | 10.39                 | 10.166       | 9.929  | 6H    | 10.188       | 10.378 | 10.513          | 10.645 | 11            | 11.24  | 10.25     |
| 11                 | M11x0.5            | M11x0.5                   | 0.5      | 6g    | 10.98         | 10.87 | 10.66           | 10.57                 | 10.439       | 10.262 | 6H    | 10.459       | 10.599 | 10.675          | 10.787 | 11            | 11.184 | 10.5      |
| 12                 | M12x1.75           | M12                       | 1.75     | 6g    | 11.97         | 11.7  | 10.83           | 10.68                 | 10.072       | 9.601  | 6H    | 10.106       | 10.441 | 10.863          | 11.063 | 12            | 12.453 | 10.25     |
| 12                 | M12x1.5            | M12x1.5                   | 1.5      | 6g    | 11.97         | 11.73 | 10.99           | 10.85                 | 10.344       | 9.93   | 6H    | 10.376       | 10.676 | 11.026          | 11.216 | 12            | 12.406 | 10.5      |
| 12                 | M12x1.25           | M12x1.25                  | 1.25     | 6g    | 11.97         | 11.76 | 11.16           | 11.03                 | 10.619       | 10.258 | 6H    | 10.647       | 10.912 | 11.188          | 11.368 | 12            | 12.36  | 10.75     |

## LAMPIRAN 5

### HASIL ANALISIS TEGANGAN SAMBUNGAN BAUT

| Model Reference   | Connector Details  | Strength Details   |                    |                  |                 |         |              |   |
|---|--|--|--------------------|------------------|-----------------|---------|--------------|---|
|  <p style="text-align: center;">Counterbore with Nut-1</p>   | <p>Entities: <b>2 edge(s)</b><br/>                     Type: <b>Bolt(Head/Nut diameter)(Counterbore)</b></p> <p>Head diameter: <b>15 mm</b><br/>                     Nut diameter: <b>15 mm</b><br/>                     Nominal shank diameter: <b>10</b><br/>                     Preload (Torque): <b>0</b><br/>                     Young's modulus: <b>2.1e+11</b><br/>                     Poisson's ratio: <b>0.28</b><br/>                     Preload units: <b>N.m</b></p> | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Bolt Check:</td> <td style="text-align: center;">OK</td> </tr> <tr> <td>Calculated FOS:</td> <td style="text-align: center;">14.9407</td> </tr> <tr> <td>Desired FOS:</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table>  | Bolt Check:        | OK               | Calculated FOS: | 14.9407 | Desired FOS: | 2 |
| Bolt Check:   | OK   |  |                    |                  |                 |         |              |   |
| Calculated FOS:   | 14.9407  |  |                    |                  |                 |         |              |   |
| Desired FOS:  | 2  |  |                    |                  |                 |         |              |   |
| <b>Connector Forces</b>   |  |  |                    |                  |                 |         |              |   |
| <b>Type</b>   | <b>X-Component</b>   | <b>Y-Component</b>   | <b>Z-Component</b> | <b>Resultant</b> |                 |         |              |   |
| Axial Force (N)   | 0  | -2748  | 0                  | 2748             |                 |         |              |   |
| Shear Force (N)   | 168.5  | 0  | -367.17            | 403.99           |                 |         |              |   |
| Bending moment (N.m)  | -1.0398  | 0  | -0.017806          | 1.0399           |                 |         |              |   |
|  <p style="text-align: center;">Counterbore with Nut-2</p> | <p>Entities: <b>2 edge(s)</b><br/>                     Type: <b>Bolt(Head/Nut diameter)(Counterbore)</b></p> <p>Head diameter: <b>15 mm</b><br/>                     Nut diameter: <b>15 mm</b><br/>                     Nominal shank diameter: <b>10</b><br/>                     Preload (Torque): <b>0</b><br/>                     Young's modulus: <b>2.1e+11</b></p>  | <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Bolt Check:</td> <td style="text-align: center;">OK</td> </tr> <tr> <td>Calculated FOS:</td> <td style="text-align: center;">3.45949</td> </tr> <tr> <td>Desired FOS:</td> <td style="text-align: center;">2</td> </tr> </table>   | Bolt Check:        | OK               | Calculated FOS: | 3.45949 | Desired FOS: | 2 |
| Bolt Check:   | OK   |  |                    |                  |                 |         |              |   |
| Calculated FOS:   | 3.45949  |  |                    |                  |                 |         |              |   |
| Desired FOS:  | 2  |  |                    |                  |                 |         |              |   |

Poisson's ratio: **0.28**  
 Preload units: **N.m**



**Connector Forces**

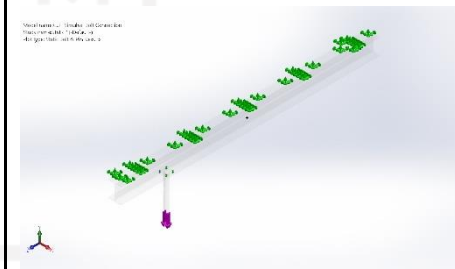
| Type                        | X-Component    | Y-Component  | Z-Component   | Resultant     |
|-----------------------------|----------------|--------------|---------------|---------------|
| <b>Axial Force (N)</b>      | <b>0</b>       | <b>-2078</b> | <b>0</b>      | <b>2078</b>   |
| <b>Shear Force (N)</b>      | <b>-37.232</b> | <b>0</b>     | <b>528.16</b> | <b>529.47</b> |
| <b>Bending moment (N.m)</b> | <b>19.078</b>  | <b>0</b>     | <b>4.2027</b> | <b>19.535</b> |



Counterbore with Nut-3

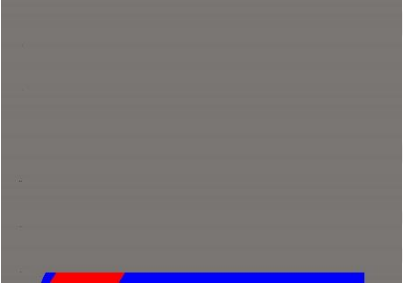
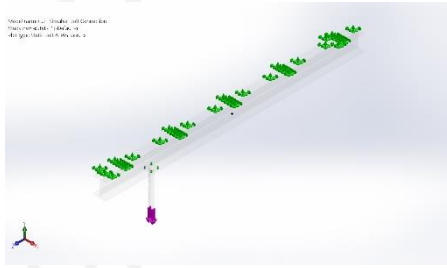
Entities: **2 edge(s)**  
 Type: **Bolt(Head/Nut diameter)(Counterbore)**  
 Head diameter: **15 mm**  
 Nut diameter: **15 mm**  
 Nominal shank diameter: **10**  
 Preload (Torque): **0**  
 Young's modulus: **2.1e+11**  
 Poisson's ratio: **0.28**  
 Preload units: **N.m**

|                 |       |
|-----------------|-------|
| Bolt Check:     | OK    |
| Calculated FOS: | 4.297 |
| Desired FOS:    | 2     |



**Connector Forces**

| Type                        | X-Component    | Y-Component    | Z-Component    | Resultant     |
|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| <b>Axial Force (N)</b>      | <b>0</b>       | <b>-2457.3</b> | <b>0</b>       | <b>2457.3</b> |
| <b>Shear Force (N)</b>      | <b>-123.75</b> | <b>0</b>       | <b>300.95</b>  | <b>325.41</b> |
| <b>Bending moment (N.m)</b> | <b>13.976</b>  | <b>0</b>       | <b>-3.9917</b> | <b>14.535</b> |

|  <p>Counterbore with Nut-4</p>   | Entities: <b>2 edge(s)</b><br>Type: <b>Bolt(Head/Nut diameter)(Counterbore)</b><br>Head diameter: <b>15 mm</b><br>Nut diameter: <b>15 mm</b><br>Nominal shank diameter: <b>10</b><br>Preload (Torque): <b>0</b><br>Young's modulus: <b>2.1e+11</b><br>Poisson's ratio: <b>0.28</b><br>Preload units: <b>N.m</b> | <table border="1"> <tr> <td>Bolt Check:</td> <td>OK</td> </tr> <tr> <td>Calculated FOS:</td> <td>4.478</td> </tr> <tr> <td>Desired FOS:</td> <td>2</td> </tr> </table>  | Bolt Check: | OK          | Calculated FOS: | 4.478       | Desired FOS: | 2               |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
|---|---|--|-------------|-------------|-----------------|-------------|--------------|-----------------|---|---------|---|--------|-----------------|---------|---|---------|-----|----------------------|---------|---|---------|--------|
|   | Bolt Check:   | OK   |             |             |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
| Calculated FOS:   | 4.478   |  |             |             |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
| Desired FOS:  | 2   |  |             |             |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
| <b>Connector Forces</b> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Type</th> <th>X-Component</th> <th>Y-Component</th> <th>Z-Component</th> <th>Resultant</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Axial Force (N)</td> <td>0</td> <td>-3094.9</td> <td>0</td> <td>3094.9</td> </tr> <tr> <td>Shear Force (N)</td> <td>-7.5121</td> <td>0</td> <td>-461.94</td> <td>462</td> </tr> <tr> <td>Bending moment (N.m)</td> <td>-6.4618</td> <td>0</td> <td>-11.074</td> <td>12.821</td> </tr> </tbody> </table> |   |  | Type        | X-Component | Y-Component     | Z-Component | Resultant    | Axial Force (N) | 0 | -3094.9 | 0 | 3094.9 | Shear Force (N) | -7.5121 | 0 | -461.94 | 462 | Bending moment (N.m) | -6.4618 | 0 | -11.074 | 12.821 |
| Type  | X-Component   | Y-Component  | Z-Component | Resultant   |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
| Axial Force (N)   | 0   | -3094.9  | 0           | 3094.9      |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
| Shear Force (N)   | -7.5121   | 0  | -461.94     | 462         |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |
| Bending moment (N.m)  | -6.4618   | 0  | -11.074     | 12.821      |                 |             |              |                 |   |         |   |        |                 |         |   |         |     |                      |         |   |         |        |

# LAMPIRAN 6

## SURAT KETERANGAN MAGANG



PT. YAMAHA INDONESIA  
Jl. Rawagelam I/5, Kawasan Industri Pulogadung  
Jakarta 13930 Indonesia, PO. Box. 1190/JAT  
Telp. : (62 - 21) 4619171 (Hunting) Fax. : 4602864, 4607077

Confident

### SURAT KETERANGAN

No. : 121/YI/ PKL /IV/2022

Kami yang bertandatangan dibawah ini, Bagian Human Resource Development (HRD) PT. YAMAHA INDONESIA dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Elang Megantara  
Nomor Induk Mahasiswa : 17525024  
Jurusan : TEHNIK MESIN  
Fakultas : TEKNOLOGI INDUSTRI  
Alamat : UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA –YOGYAKARTA

Telah melakukan program Internship melalui penelitian dan pengamatan untuk penyusunan Tugas Akhir dengan Judul "Perancangan Overhead Crane 2-axis untuk Pengangkatan Frame pada Sanding Bearing".



Program ini dilaksanakan mulai Tanggal 27 September 2021 sampai dengan Tanggal 31 Maret 2022. Kami mengucapkan terima kasih atas usaha dan partisipasi yang telah diberikan.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 20 April 2022

HRD Department

PT. YAMAHA INDONESIA

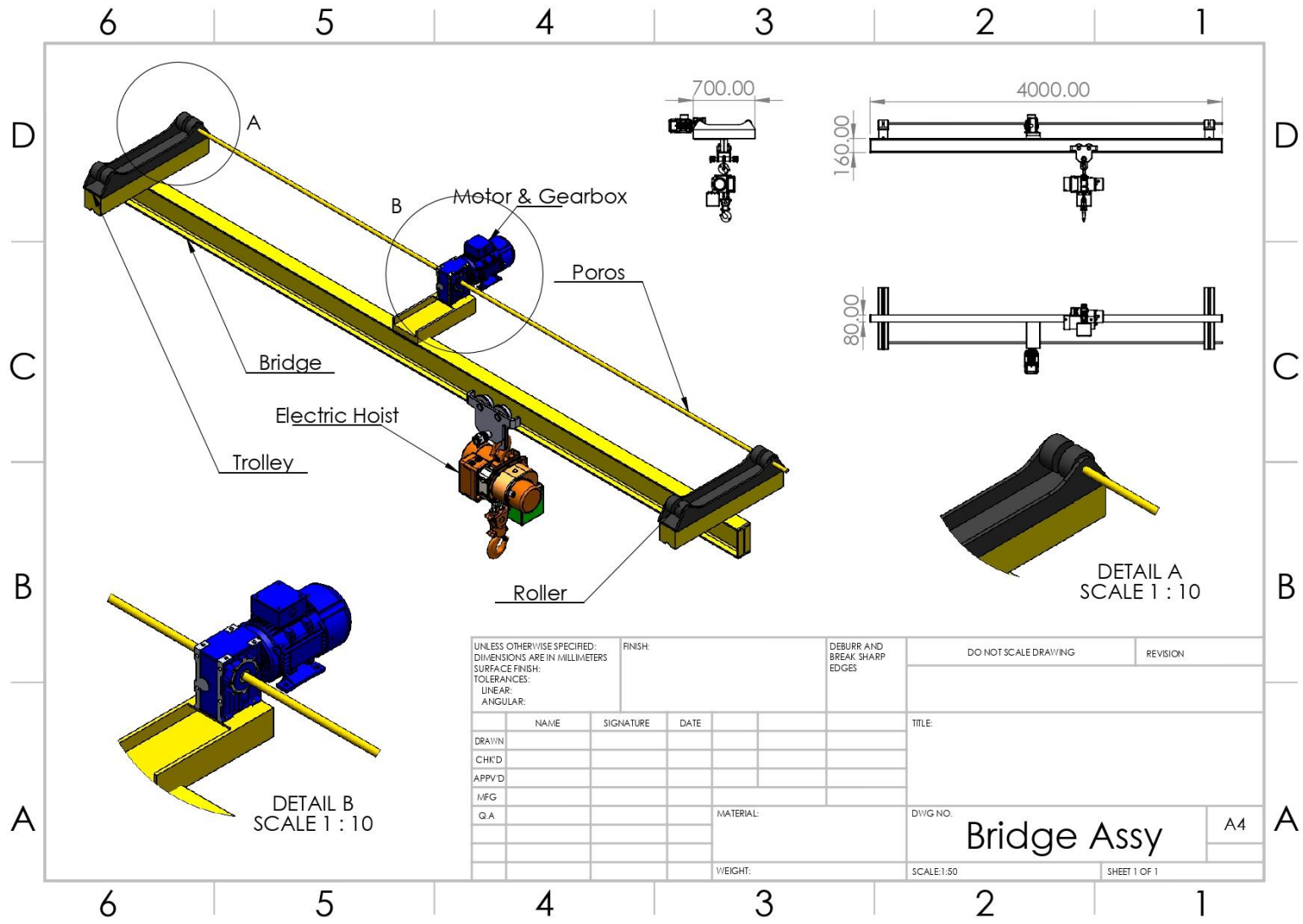
  
  
M. Isnaini  
Manager

CC: - Arsip

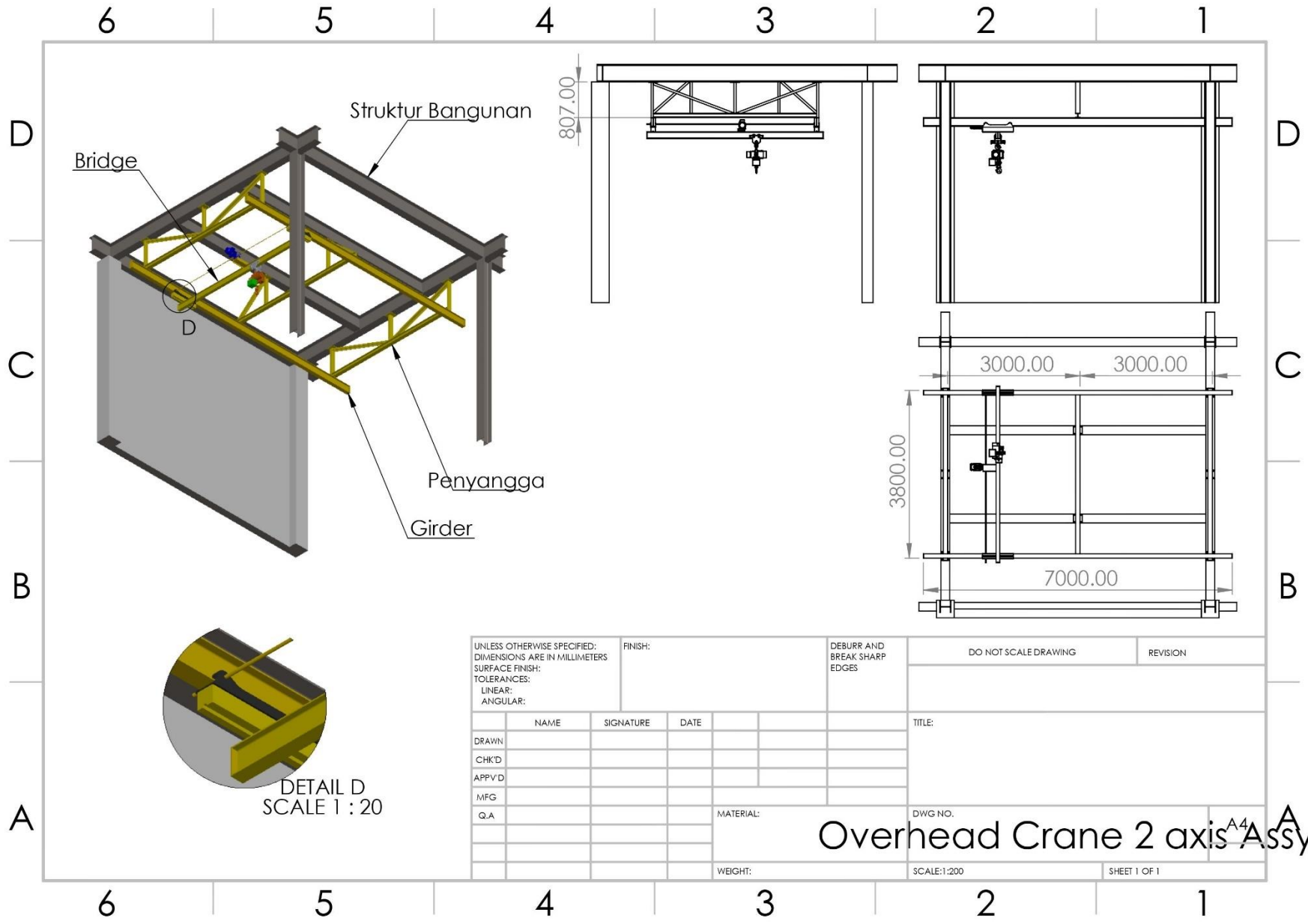


# LAMPIRAN 7

## GAMBAR TEKNIK OVERHEAD CRANE 2-AXIS



|   |      |           |      |         |                                    |                      |              |
|---|------|-----------|------|---------|------------------------------------|----------------------|--------------|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:<br>DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS<br>SURFACE FINISH:<br>TOLERANCES:<br>LINEAR:<br>ANGULAR: |      |           |      | FINISH: | DEBURR AND<br>BREAK SHARP<br>EDGES | DO NOT SCALE DRAWING | REVISION     |
| DRAWN   | NAME | SIGNATURE | DATE |         |                                    | TITLE:               |              |
| CHK'D   |      |           |      |         |                                    |                      |              |
| APPV'D  |      |           |      |         |                                    |                      |              |
| MFG   |      |           |      |         |                                    |                      |              |
| Q.A   |      |           |      |         | MATERIAL:                          | DWG NO.              |              |
|   |      |           |      |         |                                    | Bridge Assy          |              |
|   |      |           |      |         | WEIGHT:                            | SCALE:1:50           | SHEET 1 OF 1 |



|   |  |         |  |                                    |  |                      |  |              |  |
|---|--|---------|--|------------------------------------|--|----------------------|--|--------------|--|
| UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:<br>DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS<br>SURFACE FINISH:<br>TOLERANCES:<br>LINEAR:<br>ANGULAR: |  | FINISH: |  | DEBURR AND<br>BREAK SHARP<br>EDGES |  | DO NOT SCALE DRAWING |  | REVISION     |  |
| DRAWN   |  | NAME    |  | SIGNATURE                          |  | DATE                 |  | TITLE:       |  |
| CHK'D   |  |         |  |                                    |  |                      |  |              |  |
| APP'VD  |  |         |  |                                    |  |                      |  |              |  |
| MFG   |  |         |  |                                    |  |                      |  |              |  |
| Q.A   |  |         |  |                                    |  |                      |  |              |  |
|   |  |         |  |                                    |  | MATERIAL:            |  | DWG. NO.     |  |
|   |  |         |  |                                    |  |                      |  | SCALE: 1:200 |  |
|   |  |         |  |                                    |  |                      |  | SHEET 1 OF 1 |  |

# Overhead Crane 2 axis Assy