

**DESAIN JEMBATAN PADA *AIRPORT BUS* DI *APRON*  
BANDARA SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN PELAYANAN  
BANDARA**

**IPNU MAULA SYAKUR**

**5315117272**



Skripsi ini Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Pendidikan

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2016**

**LEMBARAN PENGESAHAN SKRIPSI**

Judul : Desain Jembatan Pada *Airport* Bus Di *Apron* Bandara  
Sebagai Solusi Peningkatan Pelayanan Bandara

Nama : Ipinu Maula Syakur

No. Registrasi : 5315117272

<b>Nama Dosen</b>	<b>Tanda Tangan</b>	<b>Tanggal</b>
-------------------	---------------------	----------------

**Pembimbing**

Pembimbing I : <b><u>Dr. Eng. Agung Premono, M.T.</u></b> NIP. 197705012001121002	.....	.....
Pembimbing II : <b><u>Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T.</u></b> NIP. 198310132008121002	.....	.....

**Penguji :**

Ketua : <b><u>Dr. C. Rudy Prihantoro, M.Pd.</u></b> NIP. 196106041986021001	.....	.....
Sekretaris : <b><u>Ragil Sukarno, S.T., M.T.</u></b> NIP. 197911022012121001	.....	.....
Dosen Ahli : <b><u>Drs. Tri Bambang AK., M.Pd.</u></b> NIP. 196412021990031003	.....	.....

Tanggal Lulus : 19 Januari 2016

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta

**Ahmad Kholil, S.T., M.T.**

NIP.197908312005011001

## PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **Ipnu Maula Syakur**  
No. registrasi : **5315117272**  
Tempat,tanggal lahir : **Jakarta, 17 Agustus 1993**  
Alamat : **Kp. Malaka 1 Gg 2 No. 20 Rt. 002 Rw. 012 Kel.  
Rorotan Kec. Cilincing Jakarta Utara 14140**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul “**Desain Jembatan Pada Airport Bus di Apron Bandara Sebagai Solusi Peningkatan Pelayanan Bandara**” adalah karya ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebut nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka sayabersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, Januari 2016  
Yang Membuat Pernyataan

**Ipnu Maula Syakur**  
NIM. 5315117272

## ABSTRAK

**Ipnu Maula Syakur. Skripsi: Desain Jembatan Pada *Airport Bus* Di *Apron* Bandara Sebagai Solusi Peningkatan Pelayanan Bandara. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2016.**

Perencanaan jembatan ini bertujuan untuk membantu penyandang disabilitas menggunakan alat transportasi yang di sediakan di bandara yang menghubungkan terminal ke pesawat dan sebaliknya. Jembatan ini dirancang dan dibuat juga sebagai tambahan alat keselamatan penumpang. Jembatan ini digunakan untuk menaikkan dan menurunkan penumpang. Desain Jembatan ini dibuat dengan *Software Autodesk Inventor* yang dapat menggambar bagian *Part-Part*, *Asembly*, *Drawing* dan *Analysis* kekuatan dari Jembatan tersebut. Perancangan Jembatan menggunakan Motor Listrik dalam gerakannya. Hasil perancangan Jembatan pada *airport bus* di *Autodesk Inventor* sesuai dengan perencanaan dengan dimensi panjang 2400 mm, lebar 1000 mm, dan tinggi 50 mm. *Frame* mampu menerima beban maksimal yaitu 2000 N. *Displacement* = 2 mm Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi masih berada dibawah harga dari *yeild strength*.

**Kata kunci : Jembatan Pada *Airport Bus* , komponen,  
Hasil perancangan Jembatan Pada *Airport Bus*.**

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kehadirat Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir skripsi ini dengan judul **“DESAIN JEMBATAN PADA AIRPORT BUS DI APRON BANDARA SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN PELAYANAN BANDARA”** disusun guna memenuhi sebagai persyaratan untuk melengkapi dan memenuhi syarat dalam mencapai gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

Penulis dalam menulis tugas akhir skripsi ini menyadari sepenuhnya bahwa terlaksananya sampai kepada bentuk laporan tugas akhir skripsi ini, telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Ahmad Kholil, S.T, M.T. selaku Ketua Program Studi Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, S.T., M.T, Selaku Sekertaris Program Studi Pendidikan Teknik Mesin yang telah banyak memberikan bantuannya dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Eng. Agung Premono, M.T. selaku dosen pembimbing pertama yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir skripsi ini.
4. Bapak Eko Arif Syaefudin, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing kedua dan selaku Penasehat Akademik yang telah meluangkan waktunya membimbing dan mengarahkan penulis dalam pembuatan tugas akhir skripsi ini.
5. Bapak Muslimin dan Ibu Rodemah tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan doanya hingga penulis bisa menyelesaikan studi.
6. Adhiesta Zhersy Ayu Novalia seseorang yang selalu menemani, memberi semangat dan membantu dalam penyelesaian skripsi ini hingga selesai.
7. Rekan – rekan Mahasiswa Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Khususnya angkatan 2011 yang memberikan dukungan motivasi dan semangat dalam mengerjakan skripsi ini.

8. Batavia Team UNJ yang selalu memberikan dukungan motivasi dan semangat dalam mengerjakan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurang, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, agar pada karya-karya yang akan datang lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak. Aamiin.

Jakarta, Januari 2016

**Ipnu Maula Syakur**

No. Registrasi 5315117272

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>ABSTRAK</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	3
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Perumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan Penelitian .....	4
1.6 Sistematika penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b>	
2.1 Teori Dasar Perencanaan Mesin .....	7
2.2 Teori Dasar <i>Finet Element Method (FEM)</i> .....	18
2.3 <i>Autodesk Inventor</i> .....	21
2.4 Cara Kerja <i>Autodesk Inventor</i> .....	22
2.5 Mekanika Benda Padat.....	25
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Pokon Pembahasan .....	28
3.2 Penjabaran Tugas .....	28

3.3. Fungsi .....	28
3.4 Diagram Alir .....	29
3.5 Daftar Kehendak ( Spesifikasi ) .....	30
3.6. Perencanaan Pemilihan Bahan.....	31
3.7 Prinsip Pemilihan Bahan Terbaik .....	35
3.8 Perancangan Wujud.....	36
<b>BAB IV HASIL PERENCANAAN</b>	
4.1 Model Desain .....	37
4.2 Bahan dan Material .....	41
4.3 Kondisi Batas .....	42
4.4 Persamaan ( <i>Governing Equation</i> ) .....	43
4.5 Hasil Analisis Simulasi gaya, tegangan, dan faktor keamanan dengan <i>Autodesk Inventor</i> .....	44
4.4 Diameter Poros.....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	59
<b>LAMPIRAN</b> .....	60
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b> .....	72



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram alir perancangan .....	8
Gambar 2.2 Geometri elemen .....	14
Gambar 2.3 <i>New File Autodesk Inventor</i> .....	23
Gambar 2.4 Perpindahan Benda dari A ke B Akibat Gaya.....	26
Gambar 2.5 Jarak (L) garis gaya (F) terhadap titik perputaran (O) .....	26
Gambar 2.6 Tegangan yang Timbul Pada Penampang A-A.....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Analisis <i>Software Inventor</i> .....	29
Gambar 3.2 Baja SPHC .....	31
Gambar 3.3 Plat Bordes .....	32
Gambar 3.4 Lengan Jembatan.....	32
Gambar 3.5 Motor Listrik .....	33
Gambar 3.6 <i>Push Button</i> .....	34
Gambar 3.7 <i>Micro Switch</i> .....	34
Gambar 3.8 Jembatan Terbuka .....	36
Gambar 3.9 Jembatan Tertutup .....	36
Gambar 4.1 Jembatan Pada <i>Airpor Bus</i> .....	37
Gambar 4.2 <i>Frame</i> utama Jembatan .....	38
Gambar 4.3 Lengan Jembatan.....	39
Gambar 4.4 Gaya Kontinius.....	42
Gambar 4.5 Jembatan yang sudah diberi beban.....	44
Gambar 4.6 Gaya yang terjadi pada jembatan .....	45
Gambar 4.7 Pergeseran yang terjadi pada jembatan .....	45
Gambar 4.8 Tegangan yang terjadi pada jembatan .....	46
Gambar 4.9 Diagram benda bebas poros .....	47
Gambar 4.10 Lengan.....	49

Gambar 4.11 Tegangan yang terjadi pada lengan ( <i>von mises stress</i> ) .....	50
Gambar 4.12 Hasil analisis <i>Displacement</i> lengan .....	50
Gambar 4.13 <i>Safety Factor</i> lengan.....	51
Gambar 4.14 <i>Equvailent strain</i> lengan.....	51
Gambar 4.15 Jembatan Terbuka .....	52
Gambar 4.16 Jembatan Tertutup .....	52
Gambar 4.17 Jembatan Tertutup .....	53
Gambar 4.18 Jembatan Tertutup Sebagian .....	53
Gambar 4.19 Jembatan Terbuka .....	53
Gambar 4.20 Jembatan Tertutup .....	54
Gambar 4.21 Jembatan Terbuka .....	54
Gambar 4.22 <i>Part Simple</i> Jambatan.....	55
Gambar 4.23 Plat Bordes .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Daftar spesifikasi perencanaan.....	30
Tabel 3.2 Prinsip pemilihan bahan terbaik.....	35
Tabel 4.1 Data property material <i>Steel</i> yang digunakan untuk <i>frame</i> jembatan dengan sifat mekanik .....	41
Tabel 4.2 Data property material Steel High Strength yang digunakan untuk lengan jembatan dengan sifat mekanik .....	41
Tabel 4.3 Von Mises Stress.....	46
Tabel 4.4 <i>Result summary</i> lengan .....	49

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kapasitas bandara di Jakarta saat ini mulai meningkat. Hal ini dapat dilihat dari frekuensi penerbangan Bandara Soekarno-Hatta, Tangerang, dinilai sudah tidak memadai untuk melayani banyaknya penumpang saat ini. Kapasitas di tiga terminal Bandara Soekarno-Hatta sudah tidak mampu menampung jumlah pengguna yang selalu naik setiap tahun. Jika jumlah penumpang melebihi kapasitas terminal dan bandara, maka kondisi itu dapat memengaruhi pelayanan di bandara.

*Problem* utama di Soekarno-Hatta adalah *over capacity* (melampaui kapasitas). Karena kondisi sekarang itu, Terminal 1 dan 2 dibangun dan beroperasi dari tahun 1987. Dengan desain penumpang per tahun 18 juta orang, ditambah Terminal 3 yang kapasitasnya 4 juta orang, jadi idealnya penumpang per tahun 22 juta orang. Sekarang, jumlah penumpang per tahun sudah mendekati angka 60 juta orang," saat kondisi normal, jumlah penumpang di Bandara Soekarno-Hatta dipastikan sudah melebihi kapasitas terminal, apalagi ketika penumpang ramai, seperti saat Lebaran, Natal, dan Tahun Baru.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> <http://megapolitan.kompas.com/read/2015/07/22/18143031/YLKI.Bandara.Soekarno-Hatta.Over.Capacity.Bandara.Baru.Harus.Dipertimbangkan> di akses pada tanggal 27 januari 2016 pukul : 13:55 WIB

Peningkatan jumlah penerbangan tersebut mengakibatkan kurang maksimalnya jumlah *apron* bandara selanjutnya pesawat yang akan mendarat dan parkir di area yang cukup jauh dari terminal. Kondisi ini mengakibatkan perlunya bus penjemput untuk mengantar penumpang dari terminal ke pesawat maupun sebaliknya.

Proses pengangkutan penumpang tersebut membawa dampak adanya ketidaknyamanan bagi penumpang pesawat khususnya penyandang disabilitas. Hal ini karena harus naik turun tangga dan juga naik turun bus yang melibatkan kaum disabilitas harus mendapat bantuan ekstra. Kondisi ini disebabkan karena adanya perbedaan tinggi antara bus dan tanah.

Masalah tersebut menjadikan dasar bagi peneliti untuk membuat sebuah alat bantu berupa jembatan agar penyandang disabilitas mudah untuk keluar dan masuk lebih aman dan praktis pada *airport bus* dan alat tersebut juga berguna untuk meningkatkan pelayanan peran instansi terkait (dalam hal ini pelayanan di bandara) dalam memberikan pelayanan terkait penyelenggaraan aksesibilitas transportasi publik bagi penyandang disabilitas.

Untuk menanggulangi masalah tersebut maka perlu dibuatnya sebuah alat tambahan yang digunakan untuk membantu penyandang disabilitas untuk naik dan turun bus

Berdasarkan latar belakang diatas maka penelitian ini mengambil judul :  
**“DESAIN JEMBATAN PADA AIRPORT BUS DI APRON BANDARA SEBAGAI SOLUSI PENINGKATAN PELAYANAN BANDARA”**

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Dari latar belakang masalah yang telah diuraikan diatas, maka dapat diidentifikasi masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana mekanisme gerak jembatan penyambung antara bus dan tanah ?
2. Bagaimana konstruksi dan desain jembatan penghubung ?
3. Komponen apa sajakah yang direncanakan untuk membuat jembatan ?
4. Beban maksimal yang mampu di lewati 2 orang dan kursi roda ?

## **1.3 Batasan Masalah**

Agar penelitian dapat dilakukan tepat pada sasaran, maka peneliti memfokuskan batasan masalah yang akan dibahas adalah :

1. *Software* yang digunakan adalah *Autodesk Inventor Profesional*.
2. Beban yang diberikan maksimal 2000 N dengan asumsi 2 orang normal atau seorang disabilitas dengan menggunakan kursi roda yang melintasi jembatan.
3. Mekanisme pembuka pintu yang dipakai adalah membuka berputar  $110^\circ$  dengan menyesuaikan kondisi permukaan.

#### **1.4 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

“Bagaimana merancang jembatan untuk kaum disabilitas tanpa mengangkat kursi roda ketika keluar dan masuk *Airport Bus*”

#### **1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maksud dan tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Agar diperoleh hasil rancangan kerangka jembatan penghubung antara bus dan tanah
2. Memperoleh hasil rancangan mekanisme penggerak jembatan pada *airport bus*.
3. Untuk mengetahui kekuatan jembatan dengan kapasitas beban maksimal 2000N dengan analisis menggunakan *software autodesk inventor*

#### **1.6 Sistematika Penulisan**

Secara garis besar penulisan skripsi ini terbagi dalam 3 bagian yaitu:

- a. Bagian awal skripsi, yang memuat hal-hal yang berhubungan dengan judul skripsi, halaman pengesahan, halaman persembahan, kata

pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar gambar, daftar lampiran, dan abstraksi.

b. Bagian isi terdiri dari 5 bab yaitu:

**BAB I :       PENDAHULUAN**

Pada bab ini menjelaskan tentang latar belakang, identifikasi masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

**BAB II:       KAJIAN TEORI**

Bab ini berisi tentang teori falsafah perancangan, teori kegagalan, teori *Finet Element Method*, dan penggunaan *Software Autodesk Inventor* sebagai perancangan awal pembuatan Jembatan.

**BAB II:       METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang perencanaan baik dari segi komponen yang akan digunakan, pemilihan material bahan.

**BAB IV:       HASIL RANCANGAN**

Bab ini menjelaskan tentang hasil perencanaan baik hasil perencanaan komponen, hasil pemilihan material bahan hingga perhitungan dengan *Autodesk Inventor*.

**BAB V:       KESIMPULAN DAN SARAN**



Bab ini menjelaskan tentang hasil yang diperoleh dalam perencanaan yang akan didapat dari proses simulasi jembatan, serta saran yang berisi masukan-masukan untuk memperbaiki proses penelitian.

- c. Bagian akhir skripsi yang meliputi daftar pustaka dan lampiran-lampiran.

## **BAB II**

### **KAJIAN TEORI**

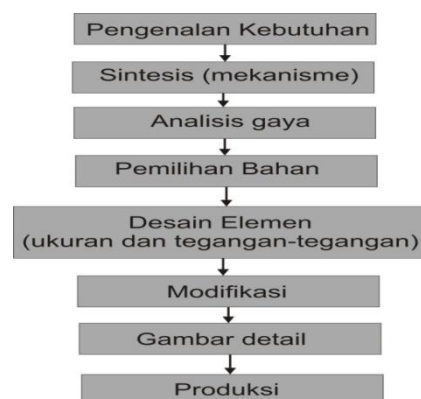
#### **2.1 Teori Dasar Perencanaan Mesin**

Perencanaan mesin berarti perencanaan dari sistem dan segala yang berkaitan dengan sifat mesin-mesin, produk, struktur, alat-alat dan instrument. Pada umumnya, perencanaan mesin mempergunakan matematika, ilmu bahan, dan ilmu mekanika teknik. Perencanaan teknik mesin, mencakup semua perencanaan mesin, tetapi dalam pelajaran yang lebih luas, karena termasuk di dalamnya seluruh disiplin teknik mesin, seperti ilmu fluida panas. Disamping ilmu-ilmu dasar yang diperlukan, pelajaran-pelajaran dasar dalam perencanaan teknik mesin adalah perencanaan mesin. Dalam perancangan komponen mesin di sini tidak ada aturan baku. Jadi prosedur umum menyelesaikan masalah perancangan adalah sebagai berikut:

- a. Mengenali kebutuhan/tujuan. Pertama adalah membuat pernyataan yang lengkap dari masalah perancangan, menunjukkan kebutuhan/tujuan, maksud/usulan dari mesin yang dirancang.
- b. Mekanisme. Pilih mekanisme atau kelompok mekanisme yang mungkin.
- c. Analisis gaya. Tentukan gaya aksi pada setiap bagian mesin dan energy yang mungkin ditransmisikan pada setiap bagian mesin.

- d. Pemilihan material. Pilih material yang paling sesuai untuk setiap bagian dari mesin
- e. Rancang elemen-elemen (ukuran dan tegangan). Tentukan bentuk dan ukuran bagian mesin dengan mempertimbangkan gaya aksi pada elemen mesin dan tegangan yang diijinkan untuk material yang digunakan.
- f. Modifikasi. Merubah atau modifikasi ukuran berdasarkan pengalaman produksi yang lalu. Pertimbangan biasanya untuk menghemat biaya produksi.
- g. Gambar detail. Menggambarkan secara detail setiap komponen dan perakitan mesin dengan spesifikasi lengkap untuk proses produksi.
- h. Produksi. Komponen bagian mesin seperti tercantum dalam gambar detail diproduksi di wokshop.

Diagram alir untuk prosedur umum perancangan mesin dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



**Gambar 2.1.** Diagram alir perancangan

( Sumber : Elemen-Element Mesin dalam Perancangan Mekanis. Robert L. Mott)

Dalam perencanaan mendesain suatu mesin berikut ini yang menjadi teori dasar-dasar perencanaan mesin:

a. Falsafah Perancangan<sup>1</sup>

Perancang bertanggung jawab dalam memastikan bahwa sebuah komponen mesin akan aman bila diaplikasikan dalam kondisi-kondisi yang dapat diperkirakan secara wajar. Kita harus mengevaluasi dengan cermat untuk aplikasi apa komponen akan digunakan, lingkungan tempat komponen tersebut akan dioperasikan, sifat dasar beban yang bekerja, jenis tegangan-tegangan yang akan diterima komponen, jenis bahan yang akan digunakan, dan tingkat kepercayaan kita terhadap pengetahuan yang kita miliki tentang aplikasi. Terdapat beberapa pertimbangan umum, yaitu:

1) Aplikasi

Komponen akan diproduksi dalam jumlah besar atau kecil?  
Teknik pembuatan apa yang akan digunakan untuk membuat komponen itu? Apa konsekuensinya bila terjadi kegagalan, hubungannya dengan bahaya terhadap orang dan biaya? Bagaimana kerentanan biaya (*cost-sensitive*) untuk perancangan tersebut? kerentanan biaya (*cost-sensitive*) untuk perancangan tersebut? atau peralatan lain apa saja yang akan berhubungan dengan komponen tersebut? Untuk umur berapa lamakah

---

<sup>1</sup> Robert L. Mott, Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis, diterjemahkan oleh Ir. Rines M.T, dkk, (Yogyakarta:Andi,2009), hal. 161-162.

komponen tersebut akan dirancang? Akankah komponen tersebut diperiksa dan diservis secara berkala? Berapa banyak waktu dan biaya agar usaha perancangan dapat disesuaikan?

## 2) Lingkungan

Untuk kisaran suhu berapakah komponen itu akan terpapar? Apakah komponen tersebut akan dipapar pada tegangan atau arus listrik? Bagaimana potensi korosinya? Apakah komponen akan dimasukkan dalam rumah mesin? Perlukah pelindung untuk jalan masuk ke komponen tersebut? Pentingkah tingkat kebisingan yang rendah? Bagaimana dengan getaran?.

## 3) Beban

Kenali sifat dasar beban-beban yang bekerja pada komponen yang akan dirancang dalam detail praktis yang sebanyak-banyaknya. Perhatikan semua mode operasi, yang meliputi perjalanan awal, penghentian, pengoperasian normal, dan beban lebih yang dapat diduga. Beban-beban harus digolongkan sebagai beban statis, berulang, dan berbalik, berfluktuasi, kejutan, atau tumbukan. Besar beban yang penting adalah maksimal, minimal, dan rata-rata. Variasi beban sepanjang waktu perlu dicatat selengkap mungkin. Akankah beban rata-rata yang tinggi berlangsung dalam waktu yang panjang, terutama pada suhu yang tinggi, karena untuk ini pemuluran harus dipertimbangkan? Informasi ini akan memengaruhi detail proses perancangan.

#### 4) Jenis Tegangan

Dengan mempertimbangkan sifat-sifat dasar beban dan cara penumpuan komponen, jenis-jenis tegangan apa saja yang akan muncul: tegangan tarik lurus, tegangan tekan lurus, tegangan geser lurus, tegangan lengkung, atau tegangan geser torsional? Akankah dua atau lebih jenis tegangan akan bermunculan secara bersamaan? Apakah tegangan terjadi dalam satu arah (*uniaxially*), dua arah (*biaxially*), atau tiga arah (*triaxially*)? Mungkinkah akan terjadi tekukan?

#### 5) Bahan

Pertimbangkan sifat-sifat bahan yang akan dibutuhkan seperti tegangan luluh, batas kekuatan tarik, kekuatan tekan, ketahanan lelah, kekakuan, keuletan, ketangguhan, ketahanan mulur, ketahanan korosi, dan lain-lainnya sehubungan dengan aplikasi, beban, tegangan, dan lingkungan. Akankah komponen dibuat dari logam selain besi seperti karbon biasa, paduan, baja tahan karat atau baja struktural, atau besi cor? Atau apakah akan digunakan logam bukan besi seperti aluminium, kuningan, perunggu, titanium, magnesium, atau seng? Apakah bahan tersebut getas (persen pemanjangan <5%) atau ulet (persen pemanjangan >5%)? Bahan yang ulet sangat disukai untuk komponen-komponen yang dikenai pembebanan lelah, kejutan, atau tumbukan. Apakah akan digunakan bahan plastik? Apakah aplikasi tersebut cocok

untuk bahan komposit? Apakah kita akan mempertimbangkan bahan-bahan non-logam lain seperti keramik atau kayu? Pentingkah sifat-sifat termal atau listrik bahan tersebut?

#### 6) Konfidensi

Seberapa andalkah data beban-beban, sifat-sifat bahan, dan kalkulasi tegangan? Apakah pengendalian untuk proses pembuatan memadai sehingga akan menjamin bahwa komponen yang akan dihasilkan akan seperti yang dirancang, menyangkut keakuratan ukuran, kehalusan permukaan, dan sifat-sifat bahan terakhir setelah 19 dibuat? Apakah cara penanganan, penggunaan, dan pemaparan lingkungan dapat menciptakan kerusakan yang akan memengaruhi keamanan atau umur dari komponen tersebut?

#### a. Teori Kegagalan

Perancangan harus memahami bagaimana cara-cara komponen pembawa beban dapat mengalami kegagalan, agar dapat menyelesaikan perancangan dengan jaminan bahwa kegagalan tidak akan terjadi. Terdapat berbagai ragam metode prediksi, dan menjadi tanggung jawab perancanglah untuk memilih satu cara yang paling tepat dengan kondisi suatu proyek. Dalam bagian ini akan di jelaskan metode yang banyak digunakan di lapangan dan membahas situasi-situasi yang bagaimana sehingga suatu metode dapat diterapkan. Faktor-faktor yang terlibat adalah sifat dasar beban (statis, berulang dan berbalik, atau fluktuasi), jenis bahan (ulet atau getas), dan

besarnya usaha perancangan dan analisis yang dapat ditentukan menurut sifat dasar komponen atau produk yang dirancang. Elemen-elemen mesin juga dapat mengalami kegagalan akibat deformasi atau getaran yang berlebihan. Dari materi tentang kekuatan bahan, kita harus mampu menghitung deformasi akibat beban tarik atau tekan aksial, beban lengkung, beban puntiran, atau perubahan suhu. Teknik-teknik analisis berbasis komputer seperti analisis elemen hingga {*Finite Element Analysis (FEA)*} atau perangkat lunak analisis balok merupakan alat bantu yang penting. Kriteria kegagalan akibat deformasi sering sangat bergantung pada penggunaan mesin. Apakah deformasi yang berlebihan tersebut akan menyebabkan dua atau lebih bagian struktur saling bersinggungan padahal seharusnya tidak boleh bersinggungan? Apakah tingkat kepresisian mesin yang diinginkan perlu dikompromikan? Apakah suatu komponen terlihat dan dirasa terlalu fleksibel (tipis)? Apakah komponen tersebut akan bergetar berlebihan atau mengalami resonansi pada frekuensi-frekuensi operasi? Apakah poros akan berputar dengan kecepatan kritis selama operasinya, sehingga dapat menimbulkan osilasi yang liar pada komponen yang dibawa oleh poros?

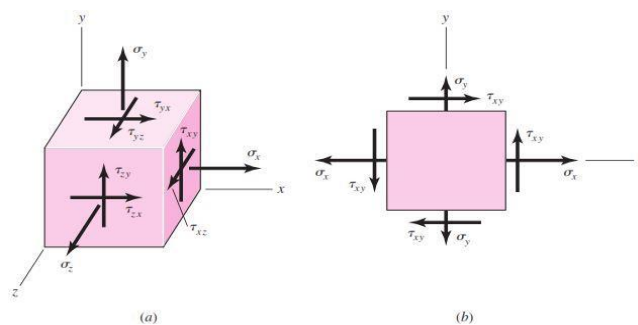
b. *Stress* (Tegangan)

Gambar 2.2a adalah suatu elemen tegangan berdimensi tiga, menunjukkan tiga tegangan normal  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  dan  $\sigma_z$ , semuanya positif dan



enam tegangan geser  $\tau_{xy}$ ,  $\tau_{yx}$ ,  $\tau_{yx}$ ,  $\tau_{zy}$ ,  $\tau_{xz}$ , dan  $\tau_{zx}$ , juga semuanya positif. Elemen tersebut berada dalam keseimbangan statis, sehingga

$$\tau_{yx} = \tau_{xy} \quad \tau_{zy} = \tau_{yz} \quad \tau_{xz} = \tau_{zx} \quad (2.1)$$



**Gambar 2.2.** Geometri elemen.

Tegangan normal yang arahnya keluar, adalah tegangan tarik dan dinyatakan positif. Tegangan geser dinyatakan positif bila arahnya positif menurut sistem koordinat tersebut. Huruf awal pada notasi tegangan geser dinyatakan nama sumbu yang tegak lurus pada bidang di mana tegangan geser tersebut bekerja. Tegangan geser (*Shear Stress*) tersebut adalah sejajar dengan sumbu yang dinyatakan dengan huruf kedua pada notasi tersebut. Bidang elemen yang negatif akan menerima tegangan geser yang bekerja berlawanan arah karenanya juga dinyatakan positif. Gambar 2.2b menggambarkan suatu keadaan dari tegangan pada bidang atau tegangan pada sistem koordinat cartesian, yaitu keadaan yang umum terjadi. Pada keadaan ini, hanya tegangan normal yang diperlakukan negatif atau positif. Sedang arah komponen tegangan geser dinyatakan sesuai dengan perjanjian,

apakah sesuai dengan putaran jarum jam (cw) atau berlawanan dengan putaran jarum jam (ccw). Jadi dalam Gambar 2.2b,  $\tau_{xy}$  adalah ccw dan  $\tau_{yx}$  adalah cw.

c. *Von Mises Stress*

Pada elemen tiga dimensi, bekerja tegangan searah sumbu x, y, dan z. Pada tiap-tiap sumbu dapat diketahui tegangan utama ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) yang dihitung dari komponen tegangan dengan persamaan berikut:

$$\begin{pmatrix} \sigma_x - \sigma_0 & \sigma_{xy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{xy} & \sigma_y - \sigma_0 & \sigma_y \\ \sigma_{xz} & \sigma_{yz} & \sigma_z - \sigma_0 \end{pmatrix} = 0 \quad (2.2)$$

Dimana:  $\sigma_0$  = Tegangan utama yang bekerja pada sumbu;  $\sigma_x$  = Tegangan arah sumbu x;  $\sigma_y$  = Tegangan arah sumbu y;  $\sigma_z$  = Tegangan arah sumbu z;  $\sigma_{xy}$  = Tegangan arah sumbu xy;  $\sigma_{xz}$  = Tegangan arah sumbu xz;  $\sigma_{yz}$  = Tegangan arah sumbu yz. Penggabungan tegangan regangan utama pada suatu elemen merupakan suatu cara untuk mengetahui nilai tegangan maksimum yang terjadi pada elemen tersebut. Salah satu cara mendapatkan tegangan gabungan adalah dengan menggunakan formula tegangan *Von Mises* yaitu:<sup>2</sup>

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (2.3)$$

<sup>2</sup> Joseph E. Shigley, dkk, Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1, diterjemahkan oleh Ir. Gandhi Harahap M.Eng, (Jakarta: Erlangga, 1991), hal.241.

d. *Safety Factor* (Faktor Keamanan= $N$ )

Istilah faktor rancangan( $N$ ), adalah ukuran keamanan relative komponen pembawa beban. Dalam kebanyakan kasus, kekuatan bahan komponen tersebut dibagi menurut faktor rancangan untuk menentukan tegangan rancangan ( $\sigma_d$ ), kadang disebut tegangan yang diijinkan (*allowable stress*). Untuk itu tegangan aktual yang dialami komponen harus lebih kecil dari tegangan rancangan tersebut. Untuk beberapa jenis pembebanan, adalah lebih tepat untuk menyusun sebuah hubungan dari mana faktor rancangan( $N$ ), tersebut diambil, dapat dihitung dari tegangan aktual yang terjadi dan kekuatan bahan. Perancang harus menentukan berapa nilai faktor rancangan yang wajar untuk suatu situasi tertentu. Sering kali nilai faktor rancangan atau tegangan rancangan ditetapkan dalam aturan-aturan yang dibuat oleh organisasi yang menetapkan standar, seperti *American Society of Mechanical Engineers*, *American Gear Manufacturers Association*, *U.S. department of Defense*, *Aluminum Association* atau *American Institute of Steel Construction*. Undang-undang tentang bangunan lokal atau negara bagian (Amerika Serikat) sering kali menetapkan faktor-faktor rancangan atau tegangan rancangan untuk struktur-struktur. Beberapa perusahaan menggunakan kebijakan mereka sendiri dalam menentukan faktor-faktor rancangan berdasarkan pengalaman masa lalu dengan kondisi-kondisi yang sama. Berikut ini nilai dari faktor-faktor perancangan dari bahan-bahan ulet, yaitu:

- (a)  $N=1,25$  hingga  $2$ . Perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan tinggi untuk semua data perancangan.
- (b)  $N=2,0$  hingga  $2,5$ . Perancangan elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.
- (c)  $N=2,5$  hingga  $4,0$ . Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian 24 mengenai beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan.
- (d)  $N=4,0$  atau lebih. Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beberapa kombinasi beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan. Keinginan untuk memberikan keamanan ekstra untuk komponen yang kritis dapat juga memilih nilai-nilai ini.

Rumus faktor keamanan dipakai terhadap kekuatan bahan yang ulet seperti baja karbon rendah, secara matematis ditulis:

$$Safety\ Factor = \frac{Yield\ Point\ Stress}{Working\ atau\ Design\ stress}$$

## 2.2 Teori Dasar *Finite Element Method* (FEM)

FEM adalah singkatan dari *Finite Element Method*, dalam Bahasa Indonesia disebut Metode Elemen Hingga. Konsep paling dasar FEM adalah, menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digabungkan kembali untuk mendapatkan penyelesaian untuk keseluruhan daerah. Kata "*finite* atau terhingga" digunakan untuk menekankan bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak terhingga, seperti yang lazim digunakan pada metode integral analitik. Membagi bagian analisa menjadi bagian-bagian kecil disebut "*discretizing* atau diskritisasi". Bagian-bagian kecil ini disebut elemen, yang terdiri dari titik-titik sudut (disebut nodal, atau *node*) dan daerah elemen yang terbentuk dari titik-titik tersebut. Membagi sebuah object menjadi bagian-bagian kecil secara fisika sebenarnya menuntun kita kepada pembuatan persamaan diferensial. Jadi secara lebih matematis, FEM didefinisikan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dinyatakan dalam persamaan diferensial. Namun biasanya definisi FEM secara matematis memberikan kesan yang rumit yang sebenarnya tidak perlu. Oleh karena itu dalam pelajaran kita, pendekatan matematis tidak terlalu ditekankan. Meski demikian, mengingat pentingnya, ilustrasi persamaan antara FEM dan diferensial-integral (kalkulus) akan kita bahas secara detail pada kesempatan berikutnya. Untuk saat ini, yang perlu kita fahami

lebih dahulu adalah gambaran besar cara kerja FEM. Secara umum langkah-langkah dalam FEM bisa diringkas sebagai berikut:

- a. Membagi obyek analisa ke dalam elemen-elemen kecil.
- b. Melakukan modelisasi sederhana yang berlaku untuk setiap elemen. Misalnya dimodelkan sebagai pegas, di mana pegas ini sifatnya sederhana, yaitu tegangan berbanding lurus dengan perubahan bentuknya.
- c. Membuat formula sederhana untuk setiap element tersebut. Misalnya untuk pegas berlaku hukum  $f = k.x$ . Di mana  $k$  adalah konstanta pegas, dan  $x$  adalah pertambahan panjang pegas. Pada langkah ini kita akan memperoleh sebuah persamaan yang disebut "*element stiffness matrix*" atau matriks kekakuan elemen.
- d. Mengkombinasikan seluruh elemen dan membuat persamaan simultan yang mencakup semua variabel. Untuk elemen yang dimodelkan dengan pegas, mencakup  $f$ ,  $k$ , dan  $x$  dari semua elemen. Biasanya pada langkah ini kita akan memperoleh sebuah persamaan yang disebut "*global stiffness matrix*" atau matriks kekakuan global.<sup>3</sup>

*Stress Analysis* merupakan sebuah alat yang disediakan bagi pengguna *Autodesk Inventor* yang berfungsi untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus kita keluarkan akan berkurang, *time to market* dari benda

---

<sup>3</sup>Infometrik, <http://www.infometrik.com/2009/07/konsep-dasar-finite-element-method/> diakses pada tanggal 18 oktober 2015 pukul 10.15 WIB.

yang kita desain pun dapat dipercepat karena kita sudah mensimulasikan terlebih dahulu benda yang kita desain di komputer sebelum masuk ke proses produksi. Keakuratan hasil analisis tergantung dari *Material*, *Restraint* (bagian yang diam), dan *Loads* (beban) yang diberikan. Jadi, untuk mendapatkan hasil yang *valid* kita harus memastikan bahwa properti dari material yang kita berikan benar-benar mewakili material yang akan kita gunakan. Demikian pula *restraints*, *loads*, kedua hal tersebut harus mewakili kondisi kerja dari benda. *Stress* (ketegangan) atau statik analisis menghitung *displacement*, *strains* dan *stresses* berdasarkan *material*, *restraint*, dan *loads* yang diberikan. Sebuah material akan mengalami patah, atau berubah bentuk ketika *stress*-nya mencapai *level* tertentu. Setiap material memiliki tingkatan *stress* yang berbeda. *Stress Analysis* pada *Autodesk Inventor* menggunakan *linear static analysis* berdasarkan *Finite Element Method* (FEM), untuk menghitung *stress*. *Linear static analysis* membuat beberapa asumsi untuk menghitung *stress*. FEM adalah suatu metode analisis yang terpercaya untuk desain teknik. Metode ini menggantikan masalah yang kompleks dengan beberapa masalah yang sederhana. Metode ini membagi model menjadi beberapa bagian kecil dengan bentuk sederhana yang disebut elemen. Setiap elemen dibagi lagi menjadi poin-poin yang disebut nodes. Metode analisis menggunakan FEM disebut *Finite Element Analysis* (FEA).<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Syaiful A. B Alchazin, Modul Training Autodesk Inventor 2012, (Bogor: LAPAN, 2011), Hal. 53.

### 2.3 *Autodesk Inventor*<sup>5</sup>

*Autodesk Inventor* adalah salah satu perangkat lunak (*Software*) CADD (*Computer Aided Drawing and Design*) yang berbasis gambar tiga dimensi solid. *Autodesk Inventor* dirancang untuk memenuhi kebutuhan penggambaran (*Drawing*) dan perancangan (*designing*), terutama untuk produk-produk mekanis. Sebagai perangkat lunak yang disiapkan untuk proses perancangan produk, *Autodesk Inventor* memiliki beberapa keunggulan, yakni:

- a. Kualitas gambar 3 dimensi (3D) yang sangat realistis sehingga pengguna akan benar-benar merasa sedang membuat produk yang sesungguhnya. Kondisi ini sangat membantu perancang dalam merealisasikan gagasan yang mula-mula abstrak menjadi lebih konkret.
- b. Fitur-fitur sangat lengkap sehingga memungkinkan pengguna secara leluasa, mudah dan cepat menggambar atau meralisasikan gagasannya dalam bentuk gambar 3D dari tingkat sederhana hingga kompleks.
- c. Kemampuan *editing* yang sangat luas sehingga memudahkan proses penggambaran, terutama jika diperlukan penyesuaian ukuran produk.
- d. Tersedianya ribuan jenis komponen mekanis standar sehingga pengguna tidak harus menggambar seluruh komponen yang diperlukan di dalam gambar maupun rancangannya. Pengguna dapat mengambil komponen seperti baut, *bearing*, *seal*, dan lain-lain dari *content center*.

---

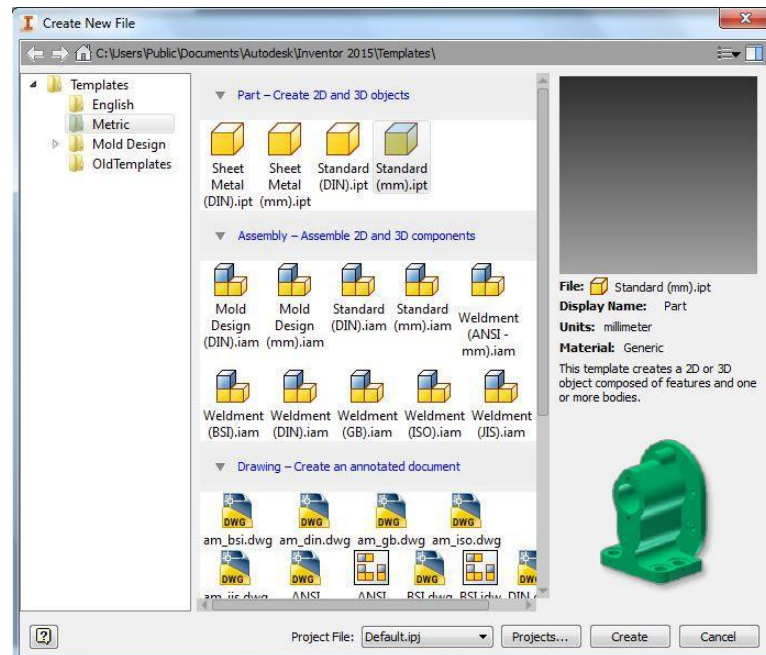
<sup>5</sup> Yon F Huda, Mahir menggunakan Autodesk Inventor Pro 2013 untuk Menggambar Mesin 3D,(Jakarta:andi,2014), Hal. 1-10.



Seiring makin pesatnya perkembangan teknologi manufaktur, perkembangan metode pembuatan gambar teknik mesin menuntut kecepatan dan akurasi yang tinggi. Hal ini karena kecepatan ketersediaan gambar kerja di bengkel produksi atau pabrik sangat berpengaruh terhadap kecepatan proses produksi barang. Keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh *Autodesk Inventor* sangat relevan untuk menjawab kebutuhan dunia manufaktur produk mekanis, sehingga cukup beralasan jika *Autodesk Inventor* dipilih sebagai salah satu dalam proses pembuatan gambar teknik mesin. Dalam kaitannya dengan kemudahan dan kecepatan kerja, tampilan *Autodesk Inventor* dirancang sangat komunikatif di mana tampilan terbagi dalam bagian penting yang memudahkan pekerjaan penggambaran.

#### **2.4 Cara kerja *Autodesk Inventor*.**

Cara kerja *Autodesk Inventor* mirip seperti sebuah pabrik memproduksi barang. Di dalam *Autodesk Inventor*, terdapat ruang-ruang produksi yang berbeda fungsi. Ruang produksi itu disebut dengan *template*. Ada empat jenis *template* yang masing-masing menghasilkan keluaran yang berbeda, jenis *template* ini ditandai dengan ekstensi yang berbeda, yakni *ipt*, *iam*, *ipn*, dan *idw*. Setiap kali memulai sebuah file baru, harus didahului dengan memilih salah satu *template* sesuai jenis file yang ingin dihasilkan. *Template* ini akan dimunculkan dalam bentuk kotak dialog tersebut sebagaimana diperlihatkan pada gambar berikut



**Gambar 2.3.** *New File Autodesk Inventor.*

Berikut ini penjelasan fungsi-fungsi *template* berdasarkan ekstensi file yang dihasilkannya:

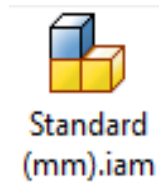
a. *Standard (.ipt)*



*Standard.ipt* adalah *template* yang digunakan untuk membuat model 3D yang merupakan komponen dari suatu sistem yang sedang digambar. File secara otomatis tersimpan dengan nama *part1*, *part2*, dan seterusnya. Agar nama otomatis ini tidak muncul, sebaiknya file disimpan dengan nama yang sesuai bentuk atau fungsi model 3D yang digambar. Satu file tidak boleh berisi lebih dari satu komponen. Di dalam *template* ini, terdapat dua fungsi utama, yaitu *sketch* dan *feature*. *Sketch* adalah gambar 2D yang akan diubah menjadi 3D. Adapun *feature* adalah

kumpulan-kumpulan perintah yang mengubah *sketch* menjadi model 3D.

b. *Standard (.iam)*



*Standard.iam* adalah *template* yang berfungsi untuk menyusun komponen-komponen yang dihasilkan oleh *template* ipt menjadi sebuah model 3D susunan atau *assembly*. Di dalam *template iam*, terdapat tiga fungsi dasar, yakni *Place Component*, *Place from Content Center*, dan *Place Constraint*. *Place Component* berfungsi untuk memanggil komponen yang digambar pada *template ipt*. *Place from Content Center* digunakan untuk memanggil komponen-komponen standar yang ada pada *content center*. Adapun *Place Constraint* berfungsi untuk menghubungkan satu komponen dengan komponen lainnya sehingga terbentuk sebuah gambar susunan atau *assembly modeling*.

c. *Standard (.ipn)*



*Standard.ipn* adalah *template* yang berfungsi untuk mengurai gambar susunan (*assembly*) menjadi gambar uraian atau *exploded view* tanpa memengaruhi file aslinya. Jadi, meskipun pada *template* ini gambar *assembly* diurai, tetapi gambar *assembly* pada *template iam* tetap tidak terpengaruh. Dua fungsi utama yang ada di dalam *template ipn* adalah *Create View* yang berfungsi untuk memanggil gambar *assembly* yang akan diurai

dan *Tweak Component* yang berfungsi untuk mengurai gambar *assembly* menjadi uraian yang sistematis.

d. *ISO (.idw)*



*ISO.idw* adalah *template* yang berfungsi untuk mengubah model 3D, baik itu *part*, *assembly*, maupun *exploded*, menjadi gambar pandangan. Di sinilah terminal dari seluruh pekerjaan gambar yang dilakukan, di mana model 3D akan diubah menjadi gambar kerja dan siap untuk dilakukan pencetakan.

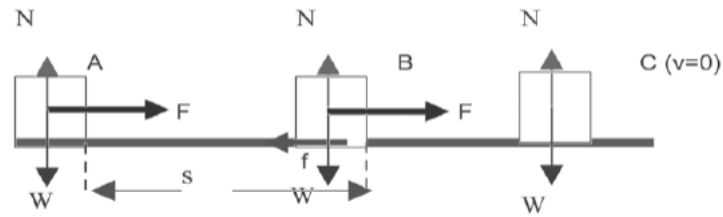
## 2.5 Mekanika benda padat

a. Statika

Statika adalah ilmu yang mempelajari tentang kesetimbangan benda, termasuk gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda atau titik materi agar benda tersebut dalam keadaan setimbang.

b. Gaya

Gaya adalah sesuatu yang menyebabkan benda bergerak atau menjadi diam. Gaya dapat menyebabkan benda diam menjadi bergerak atau sebaliknya dari bergerak menjadi diam. Gaya dapat digambarkan sebagai sebuah vektor, yaitu besaran yang mempunyai besar dan arah. Gaya biasanya disimbolkan dengan huruf F sebagai berikut :



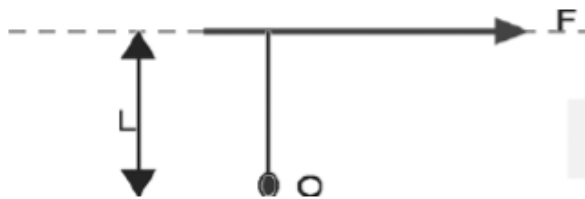
**Gambar 2.4.** Perpindahan Benda dari A ke B Akibat Gaya

Gaya yang bekerja pada benda antara lain gaya berat ( $W$ ) yang selalu berpusat pada titik beratnya. Gaya  $F$  dapat menimbulkan masa ( $m$ ) dari diam menjadi bergerak hingga memiliki percepatan sebesar  $a$  ( $m/s^2$ ). Atau dapat dituliskan menjadi:

$$F = m \text{ (kg) } \times a \text{ (m/s}^2\text{)} = \text{Kg m/s}^2 = \text{Newton (N)}$$

c. Momen Gaya

Momen gaya  $F$  terhadap titik pusat  $O$  adalah hasil kali antara besarnya gaya  $F$  dengan jarak garis gaya ke titik pusat  $O$ . Besarnya momen tergantung dari besarnya gaya  $F$  dan jarak garis gaya terhadap titik putarnya ( $L$ ).



**Gambar 2.5.** Jarak ( $L$ ) garis gaya ( $F$ ) terhadap titik perputaran ( $O$ ).

$$M = F \times L \quad (2.4)$$

Dimana:

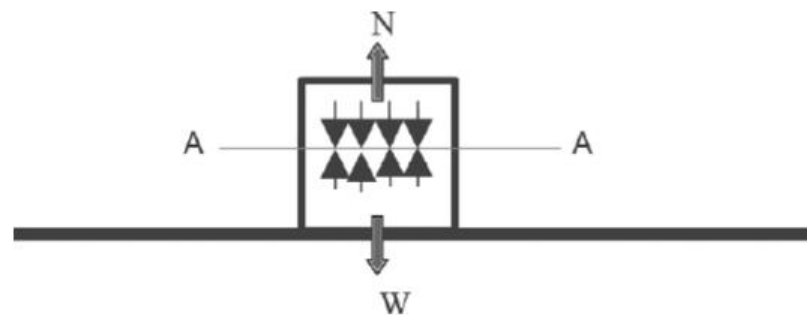
$F$  = gaya

$M$  = momen gaya

$L$  = Jarak gaya terhadap titik pusat

d. Tegangan terbagi rata

Hukum newton pertama tentang aksi dan reaksi, menyatakan bila sebuah balok terletak diatas lantai, balok akan memberikan aksi pada lantai. Demikian pula sebaliknya lantai akan memberikan reaksi yang sama sehingga benda dalam keadaan setimbang.



**Gambar 2.6.** Tegangan yang Timbul Pada Penampang A-A

Beban yang diterima oleh molekul-molekul benda setiap satuan luas penampang disebut tegangan. Tegangan biasanya dinyatakan dengan huruf Yunani  $\sigma$  (*thau*).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.5)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan

F = Gaya

A = Luas penampang.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Pokok Pembahasan**

Desain Jembatan Pada *Airport Bus*

#### **3.2 Penjabaran Tugas**

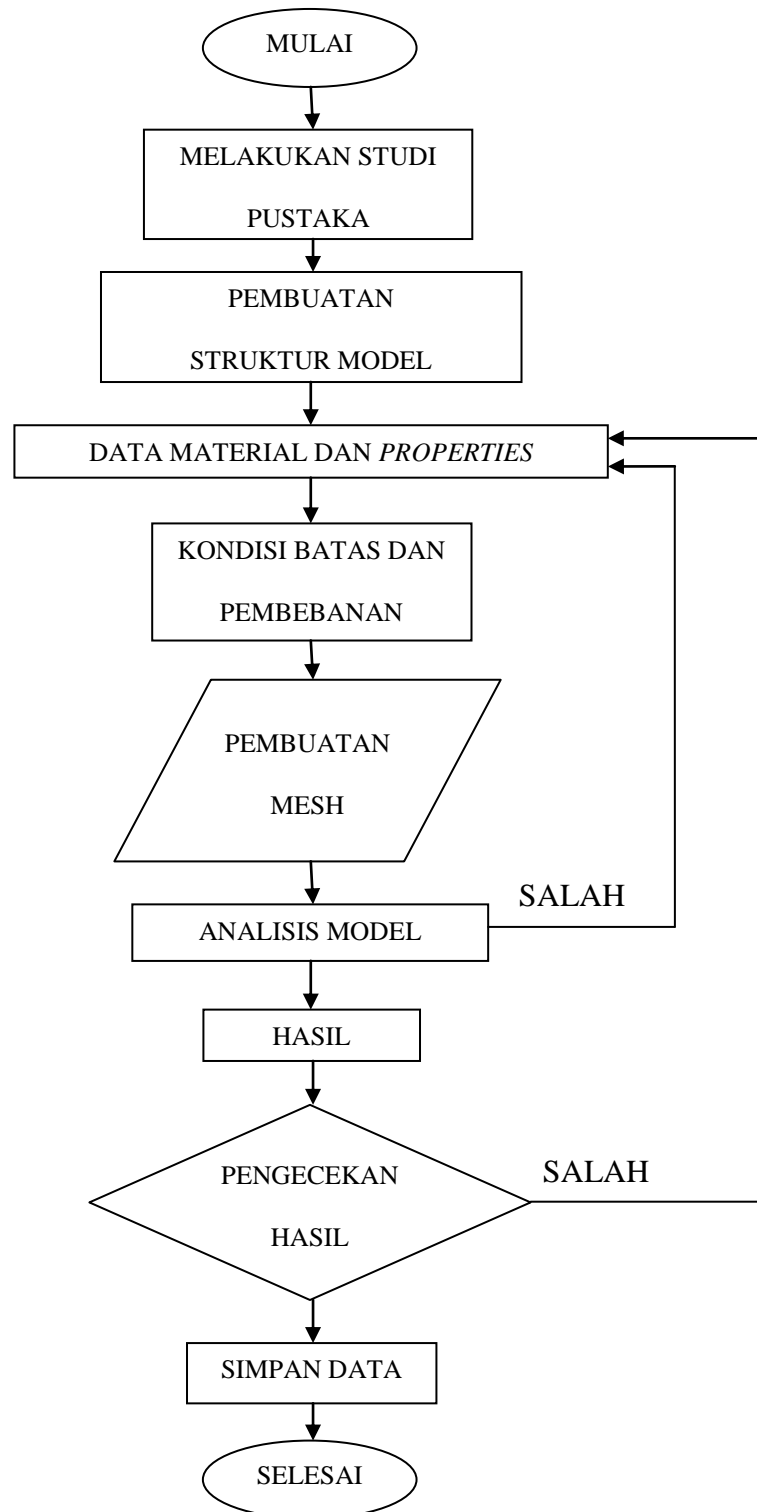
Langkah-langkah dalam proses perencanaan ini, yaitu:

- a. Membuat sketsa awal untuk memudahkan proses perancangan alat.
- b. Merancang bagian rangka mesin serta mekanisme penggerak dengan menggunakan *Software Autodesk Inventor*.
- c. Menentukan standarisasi untuk setiap komponen.
- d. Melakukan analisis struktur dengan menggunakan *Software Autodesk Inventor* untuk mengetahui bagian-bagian yang mudah rusak serta mengetahui tegangan-tegangan yang terjadi.

#### **3.3 Fungsi**

- a. Menentukan profil dan material setiap komponen pada rangka mesin sliding bridge.
- b. Menentukan sistem penggeraknya.
- c. Mengetahui *von mises*, *displacement*, dan *safety factor* Jembatan.

### 3.4 Diagram Alir



**Gambar 3.1.** Diagram Alir Proses Analisis *Software Inventor*



### 3.5 Daftar Kehendak (spesifikasi)

Spesifikasi yaitu persyaratan kemampuan dan sifat-sifat yang harus dimiliki oleh bahan pada suatu alat yang ingin dirancang. Persyaratan dalam spesifikasi dibagi dalam dua kategori. Yaitu:

a. Keharusan (*demands*), D

*Demands* adalah syarat yang harus dimiliki dalam kondisi apapun, supaya rancangan dapat terwujud. Jika syarat ini tidak terpenuhi maka rancangan akan gagal.

b. Keinginan (*wishes*), W

*Wishes* adalah syarat yang dapat dipenuhi jika memungkinkan. Jika syarat ini tidak terpenuhi maka tidak selalu bermasalah dan mungkin hanya mempengaruhi sedikit sekali dalam rancangan alat.

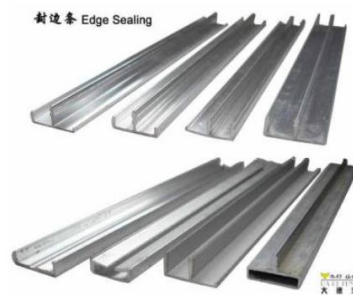
**Tabel 3.1.** Daftar spesifikasi perencanaan

<b>DAFTAR SPESIFIKASI PERENCANAAN JEMBATAN AIRPOR BUS</b>	
<i>Demand or Wishes</i>	<b>Persyaratan</b>
	<b>Geometri</b>
	<b>Dimensi Rangka Tetap Jembatan + Plat</b>
D	Panjang 2400 mm
D	Lebar 1000 mm
D	Tinggi 50 mm
W	Berat 50 kg
	<b>Dimensi Rangka Tetap Jembatan + Plat</b>
D	Panjang 2000 mm
D	Lebar 1000 mm
W	Berat 50 kg

<i>Demand or Wishes</i>	<b>Persyaratan</b>
D	<p><b>Gaya</b></p> <p>Beban Maksimum Jembatan adalah 200 kg, sedangkan gravitasinya 9,8 m/s<sup>2</sup>            Gaya yang terjadi adalah <math>F = m \times g = 200 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 1960 \text{ N} \approx 2000 \text{ N}</math></p>
D	<p><b>Komponen</b></p> <p>Mampu menahan pembebanan yang terjadi</p>
W	Rangka mampu munghubungkan <i>Airport</i> bus dengan kontur jalan
D	Mampu menahan gaya yang terjadi
W	Tahan terhadap kondisi korosi

### 3.6 Perencanaan Pemilihan Bahan

- a. Menggunakan Baja SPHC ( st 0,05 )



**Gambar 3.2.** Baja SPHC

Pemilihan bahan untuk cover dan rangka menggunakan baja SPHC dikarenakan baja tersebut mempunyai sifat karbon yang rendah sekitar 0,15% sehingga mudah dibentuk, tidak getas, serta dapat ditempa. Baja SPHC juga mempunyai kekuatan tarik sekitar

38-48 kg/mm<sup>2</sup> dan mempunyai perpanjangan sekitar 24-36%, sehingga *cover* mudah di *bending*.

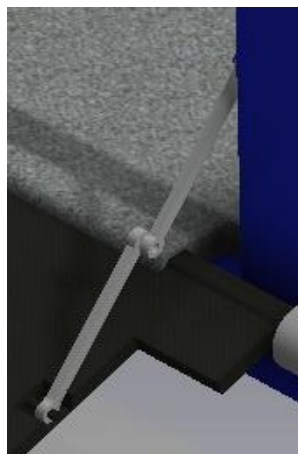
b. Menggunakan Plat Bordes



**Gambar 3.3.** Plat Bordes

Pemilihan bagian *frame* dibuat rigid dan datar, untuk *cover* atas dan bawah menggunakan plat bordes, agar dapat menahan beban berat.

c. Menggunakan Lengan



**Gambar 3.4.** Lengan Jembatan

Lengan dibuat lurus baik itu lengan atas maupun lengan bawah, bentuk seperti ini dikarenakan hanya untuk menahan ketika naik dan turun.

d. Motor Listrik



**Gambar 3.5.** Motor Listrik

Motor listrik ini digunakan untuk menaikkan dan menurunkan jembatan pada *Airport Bus*, motor listrik ini berada pada bagian kiri jembatan. Penggunaan motor listrik ini agar gerak jembatan lebih stabil. Dengan menggunakan motor listrik 24 Volt DC.

e. *Push button*



**Gambar 3.5.** *Push Button*

*Push button* dipasang sebagai penggerak manual juga bisa digunakan sebagai emergency yang terjadi jika insiden yang tidak diinginkan didalam airport bus. Push button merah ditekan maka pintu dan jembatan otomatis terbuka semua. Sedangkan push button warna hijau untuk menjalankan kembali secara manual.

f. *Micro switch*



**Gambar 3.6.** *Micro Switch*

Penggunaan *Micro switch* sebagai menjalankan otomatis jembatan. Ini terjadi jika *micro swith* bersentuhan dengan penyangga *frame* yang sengaja dibuat untuk tanda

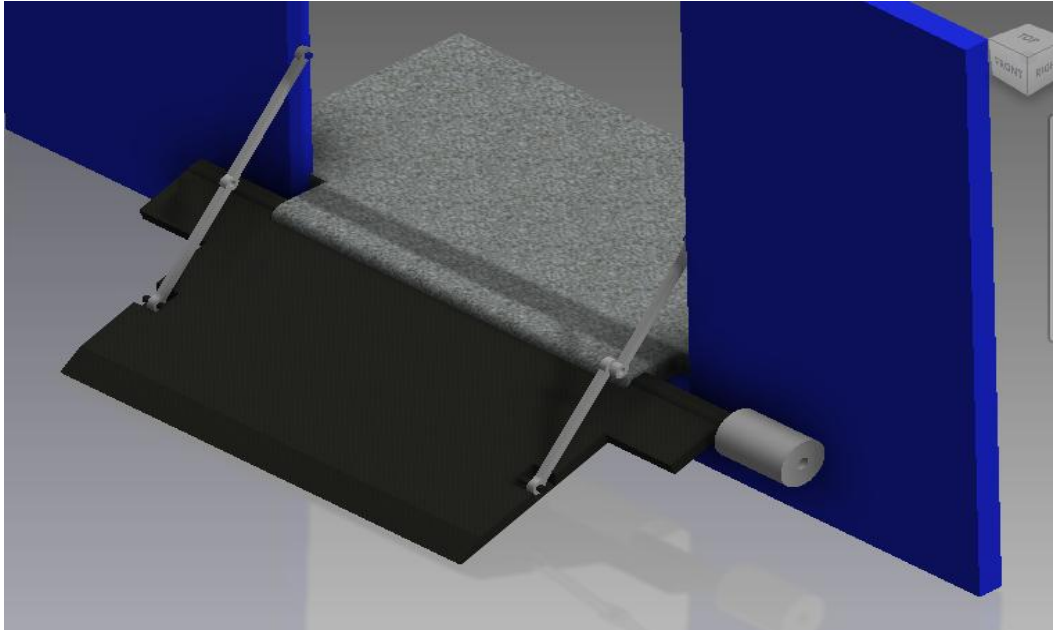
pengoperasiannya motor listrik. Setelah *micro swith* dan penyangga bersentuhan, maka motor listrik akan berputar. Penggunaan *micro switch* selain untuk menjalankan motor listrik, juga sebagai *safety* jika jembatan sudah menyentuh bagian dasar.

### 3.7 Prinsip pemilihan bahan terbaik

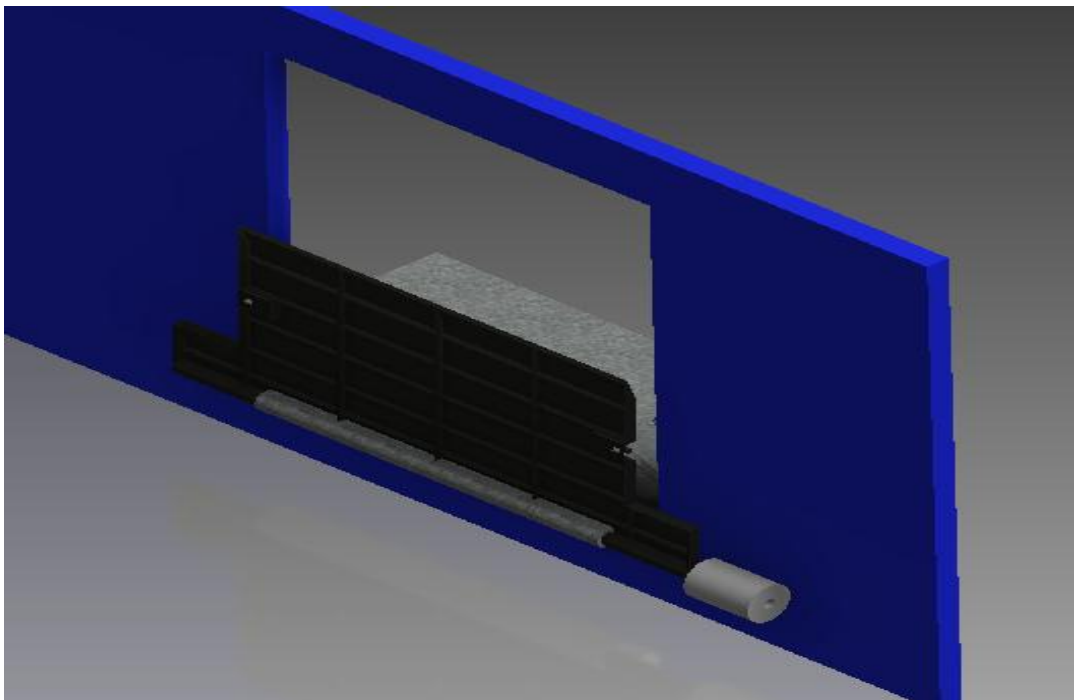
**Tabel 3.2.** Prinsip pemilihan bahan terbaik

<b>TABEL PEMILIHAN STRUKTUR FUNGSI TERBAIK</b>									
<b>KRITERIA PEMILIHAN</b> (+) Ya (-) Tidak (?) Kurang Informasin (!) Periksa Spesifikasi								<b>KEPUTUSAN ( KEP )</b> (+) Solusi yang dicari (-) Hapus solusi (?) Kumpulkan informasi (!) Lihat spesifikasi untuk perubahan	
<b>Varian ( V )</b>	Memenuhi tugas keseluruhan	Memenuhi daftar kehendak	Secara prinsip dapat diwujudkan	Efisiensi waktu	Kemudahan penggunaan	perawatan dan keselamatan	Biaya yang diijinkan	<b>PENJELASAN</b>	<b>KEP</b>
1	+	+	+	+	+	+	+	Sesuai keinginan perancang	+

### 3.8 Perancangan Wujud



**Gambar 3.7.** Jembatan Terbuka



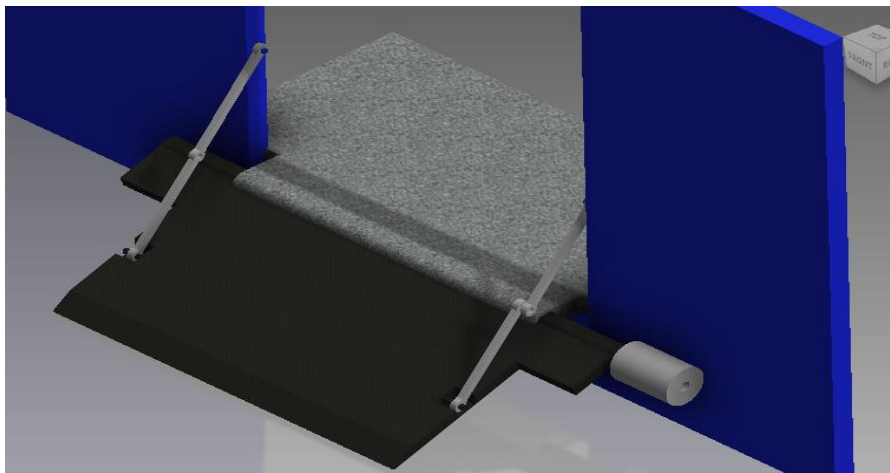
**Gambar 3.8.** Jembatan Tertutup

## BAB IV

### HASIL PERENCANAAN

#### 4.1 Model Desain

##### a. Jembatan



**Gambar 4.1.** Jembatan Pada *Airport Bus*

Desain jembatan pada *airport bus* adalah jembatan penghubung atau alat tambahan yang dipasang di *airport bus*, berfungsi untuk membantu penyandang disabilitas menaiki atau menuruni *airport bus*. Jembatan ini bergerak dengan menggunakan tenaga motor listrik sebagai alat untuk bergerak naik dan turunnya.

Kegunaan jembatan ini selain untuk penyandang disabilitas adalah:

- a. Peningkatan pelayanan di Bandar udara

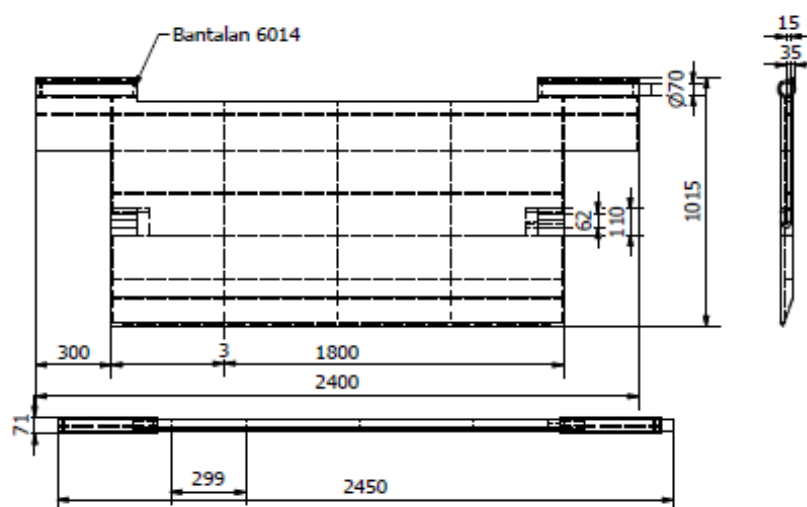


- b. keselamatan untuk pengguna *airport bus* terutama lansia dan ibu hamil

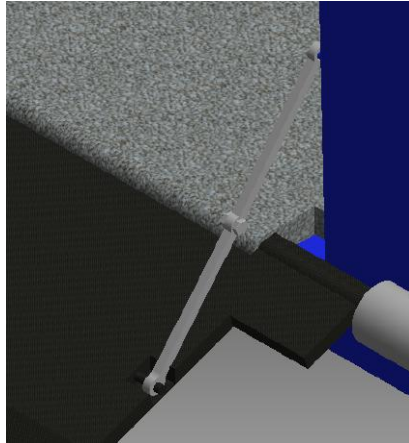
Adapun langkah-langkah dalam pengoprasian alat jembatan untuk penyandang disabilitas adalah sebagai berikut :

- Tekan tombol *start* untuk menurunkan jembatan dan membuka jembatan
- Motor listrik yang berada pada di kiri jembatan untuk menurunkan jembatan sampai  $110^\circ$  dan menaikkan jembatan
- Lengan yang berada dikanan dan kiri berfungsi untuk menahan beban yang terjadi
- Setelah penumpang turun dan naik, jembatan ditutup kembali

Berikut ini bentuk 2D frame utama jembatan agar lebih jelas dengan ukuran jembatan sebenarnya.



**Gambar 4.2.** *Frame* utama Jembatan

**b. Lengan**

**Gambar 4.3.** Lengan Jembatan

Lengan berfungsi untuk menopang berat dari jembatan ini. Disaat yang sama lengan juga menyerap gaya tarik dari injakan penumpang *airport bus* yang naik maupun turun. Untuk itu lengan harus memiliki sifat kuat, kaku atau rigid, dan ringan. Pada jembatan ini, lengan yang digunakan dengan bahan baja. Karena sifat baja yang kuat terhadap gaya tarik, dan tekan. Cara kerja lengan pada jembatan adalah saat jembatan terbuka pada saat itulah lengan menahan seluruh beban yang terjadi.

**c. Motor listrik**

Penggunaan motor listrik agar mempermudah gerakan naik dan turun jembatan, pada bagian ini bagian utama untuk memfungsikan dari jembatan agar dapat bekerja naik dan turun  $110^\circ$  dengan menyesuaikan kondisi jalan. Motor listrik ini berada pada bagian kiri jembatan. Penggunaan motor listrik ini agar gerak jembatan lebih stabil. Dengan menggunakan motor listrik

### Perencanaan Daya Motor Pada Jembatan

$$T = F \cdot L = 500 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 500 \text{ N.m} \quad (4.1)$$

$$P = F \cdot \frac{L}{t}$$

$$P = 500 \text{ N} \times \frac{1}{20} = 25 \text{ watt}$$

Keterangan : T = Torsi

P = Daya Motor Listrik

L = Jarak Benda ke Pusat Rotasi

F = Gaya

$$M = F_1 \cdot X_1 + F_2 \cdot X_2 + F_3 \cdot X_3 + (F_4 \cdot X_4) \quad (4.2)$$

$$= 10.1 + 10.0,75 + 10.0,5 + 10.0,25$$

$$= 25 \text{ Nm}$$

Keterangan :

$m = \text{momen}$

F = Gaya

X = Jarak

## 4.2 Bahan atau Material

Material frame dan lengan jembatan yang digunakan adalah:

**Tabel 4.1.** Data property material *Steel* yang digunakan untuk *frame* jembatan dengan sifat mekanik

Data Material	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	205 Gpa
Poisson Ration	0,30
Shear Moduls	78,8462 Gpa

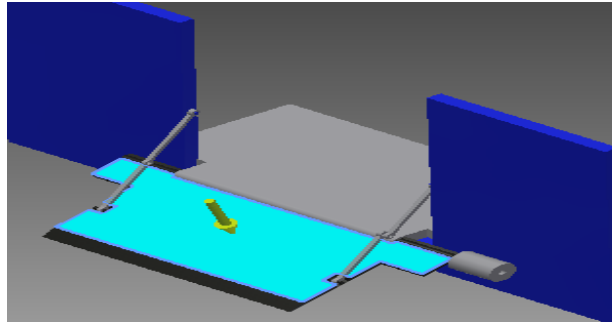
Data Material	
Density	7,850 g/cm <sup>3</sup>
Yield Strength	207 Mpa
Tensile Strength	345 Mpa

**Tabel 4.2.** Data property material Steel High Strength yang digunakan untuk lengan jembatan dengan sifat mekanik

Data Material	
Behavior	Isotropic
Young's Modulus	210 Gpa
Poisson Ration	0,30
Shear Moduls	80 Gpa
Density	7,850 g/cm <sup>3</sup>
Yield Strength	207 Mpa
Tensile Strength	345 Mpa

### 4.3 Kondisi Batas

- a. penerapan gaya-gaya yang dialami sepanjang *frame* jembatan berikut ini gambar penerapan gaya yang dialami *frame* jembatan:



**Gambar 4.4.** Gaya Kontinius

Jika kita perhatikan tegangan yang terjadi di *frame* jembatan diatas adalah tegangan tenagi rata, maka bila kita tulis rumus tegangan diatas adalah sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.3)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan

F = Gaya

A = Luas penampang.

### 4.4 Persamaan ( *Governing Equation* )

Salah satu masalah yang paling menarik dalam perencanaan adalah menghubungkan kekuatan dari suatu elemen mesin dengan tegangan

dalam yang dihasilkan dari pembebanan luar. Biasanya kita hanya memiliki satu harga untuk kekuatan, seperti batas (*yield strength*), tetapi kita bisa memiliki beberapa komponen tegangan. Berikut ini rumus persamaan untuk tegangan utama:

$$\sigma = E\varepsilon \quad (4.4)$$

Dimana:

$\sigma$  = Tegangan

E = Elastisitas Modulus

$\varepsilon$  = Regangan

Rumus *Von Mises Stress* adalah sebagai berikut:

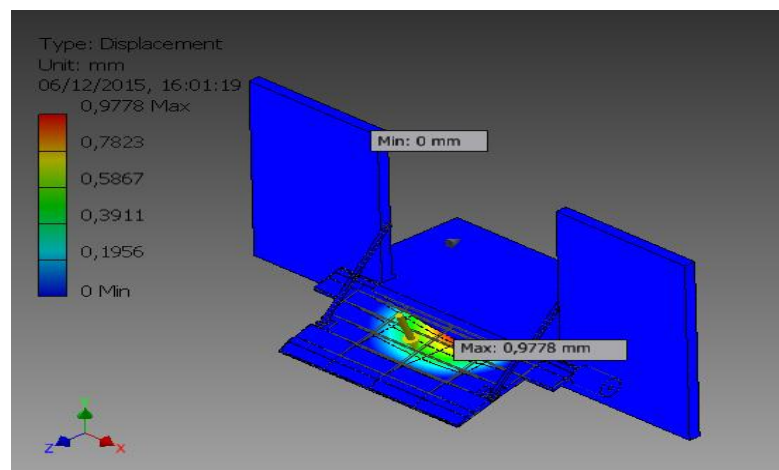
$$\sigma' = \frac{\sigma_1 - \sigma_2 \quad \sigma_2 - \sigma_3 \quad + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \quad (4.5)$$

#### 4.5 Hasil Analisis Simulasi gaya, tegangan, dan faktor keamanan dengan *Autodesk Inventor*

Setelah proses perhitungan dengan *software autodesk inventor* telah selesai sampai akhir, maka hasil analisis dan simulasi dapat diketahui yaitu nilai-nilai maksimum dan minimum yang dapat dilihat secara langsung pada tampilan *autodesk inventor*, sedangkan untuk hasil yang lebih detail dapat dilihat dalam *stress analysis report* yang telah penulis susun sendiri. Dari hasil analisa statik dengan *software autodesk inventor* dapat diketahui tegangan maksimal dan minimal yang terjadi pada struktur obyek yang dianalisa tersebut.

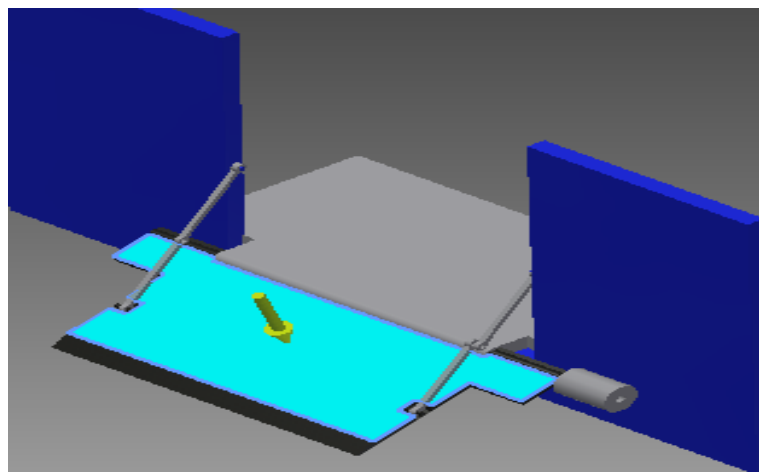
**a. Simulasi pada rangka *Sliding Bridge* di Autodesk Inventor.**

Analisa simulasi gaya, tegangan, dan faktor keamanan rangka dapat dihasilkan pada *Software Autodesk Inventor* dengan cara memilih *toolbar stress analysis*. Setelah kita pilih *toolbar stress*, lalu masukan data spesifikasi material bahan sesuai dengan perencanaan sebelumnya. Setelah material bahan dipilih, lalu kita pilih *analysis static* dan *mess view*. Diasumsikan *frame sliding bridge* mendapatkan beban 2000 N dengan perkiraan beban 2 orang yang melewati *sliding bridge* tersebut. Dalam hal ini tegangan terbagi rata pada Autodesk Inventor dimasukan data-data frame sesuai dengan kondisi yang mendekati sebenarnya sehingga dapat dilakukan 53 analisis statik pada struktur tersebut. Setelah sampai pada langkah ini, dapat diketahui apakah ada kesalahan pada langkah-langkah analisis. Jika ada kesalahan, maka perlu dilakukan *editing* sampai benar. Dalam analisis ini struktur *frame* dapat dilihat pada gambar dibawah untuk mengetahui secara keseluruhan gaya, tegangan, dan faktor keamanannya.

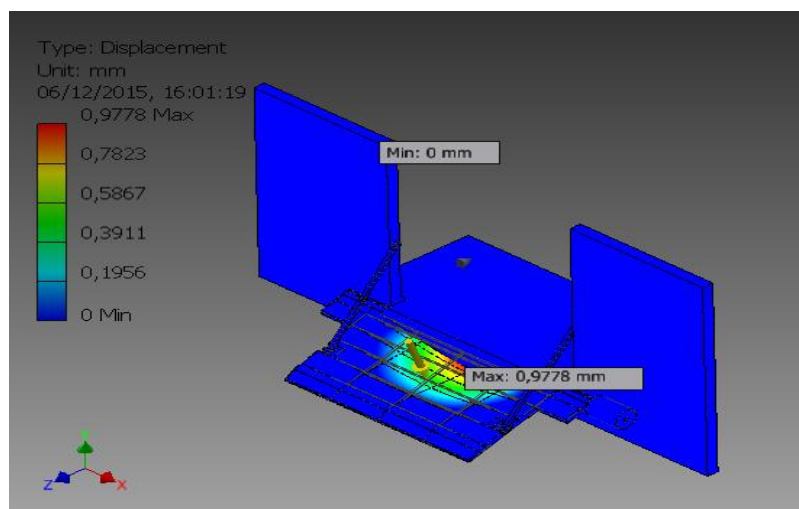


**Gambar 4.5.** Jembatan yang sudah diberi beban

*Displacement* merupakan pergeseran atau perpindahan yang terjadi pada material akibat pembebanan yang diberikan. Hal ini untuk membantu menjelaskan keamanan terutama umur penggunaan material dalam suatu konstruksi, dimana semakin besar tegangan maka *displacement* pun semakin besar maka tingkat keamanannya semakin kecil begitu juga sebaliknya.



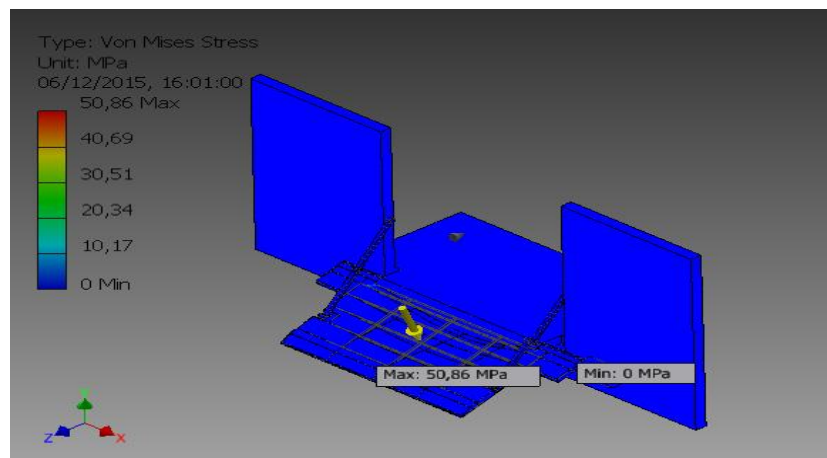
**Gambar 4.6.** Gaya yang terjadi pada jembatan



**Gambar 4.7.** Pergeseran yang terjadi pada jembatan



merupakan pergeseran atau perpindahan yang terjadi pada material akibat pembebanan yang diberikan. Hal ini untuk membantu menjelaskan keamanan terutama umur penggunaan material dalam suatu konstruksi, dimana semakin besar tegangan maka *displacement* pun semakin besar maka tingkat keamanannya semakin kecil begitu juga sebaliknya.

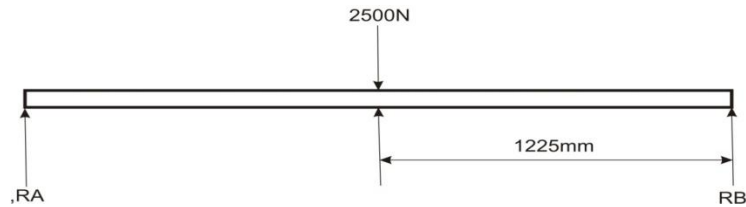


**Gambar 4.8.** Tegangan yang terjadi pada jembatan

**Tabel 4.3.** Von Mises Stress

Kemiringan Jembatan	Von Mises Strees	
	MAX	MIN
110°	50,86 Mpa	10,17 Mpa

#### 4.6 Diameter Poros



**Gambar 4.9.** Diagram benda bebas poros

Reaksi poros terhadap *massa* yang diberikan Jembatan:

$$R_A = R_B = 2500 \text{ N}$$

*Maksimum bending moment:*

$$M = W \times L \quad (4.6)$$

$$= 2500 \text{ N} \times 1,225 \text{ m} = 2.450 \text{ N.m}$$

$d$  = diameter pada poros dalam satuan mm

Sekarang kita dapat mencari *equivalent twisting moment*:

$$\begin{aligned} T_e &= \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{(2.450)^2 + (2.500)^2} \\ &= \sqrt{6.002.500 + 2.500} \\ &= 2450 \text{ N.m} = 2450 \times 10^3 \text{ N.mm} \end{aligned}$$

Setelah mengetahui *equivalent twisting moment* ( $T_e$ ), dengan bahan poros S30C,  $\tau = 55 \text{ Kg/mm}^2$  maka:

$$\begin{aligned} 2450 \times 10^3 &= \frac{\pi}{16} \times \tau \times d^3 \\ &= \frac{\pi}{16} \times 55 \times d^3 \\ &= 10,8 d^3 \\ d^3 &= \frac{2450 \times 10^3}{10,8} \end{aligned} \quad (4.7)$$

$$\begin{aligned}
 &= 226,85 \times 10^3 \\
 d &= \sqrt[3]{226,85 \times 10^3} \\
 &= 61 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Diameter poros yang didapat adalah 61 mm, asumsi pertama kita ambil diameter 61 mm, selanjutnya akan kita bandingkan dengan diameter 60 mm dan 70 mm untuk mengetahui yang lebih efisien dengan *analysis stress autodesk inventor*.

### Perencanaan bantalan poros belakang

Nomor seri bantalan = 6014 ( dari tabel )

### Perencanaan diameter baut

$$= \frac{\sqrt{4 \times F_1}}{\pi \times \tau} \quad (4.8)$$

$$= \frac{\sqrt{4 \times 2500}}{3,14 \times 3}$$

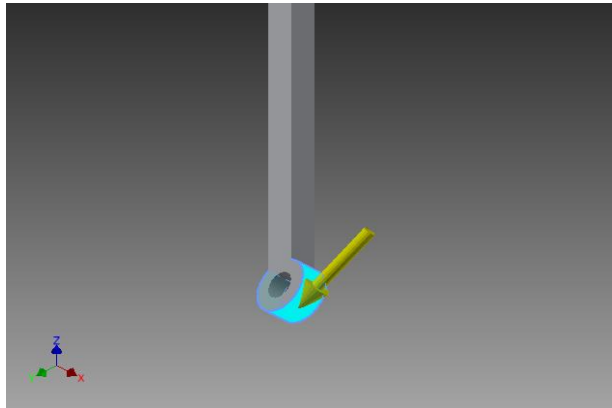
$$= 32 \text{ mm}$$

Bahan baut dan mur : baja liat 0,22%

Baut: M 36, Mur: M 36

### b. Hasil simulasi pada lengan jembatan

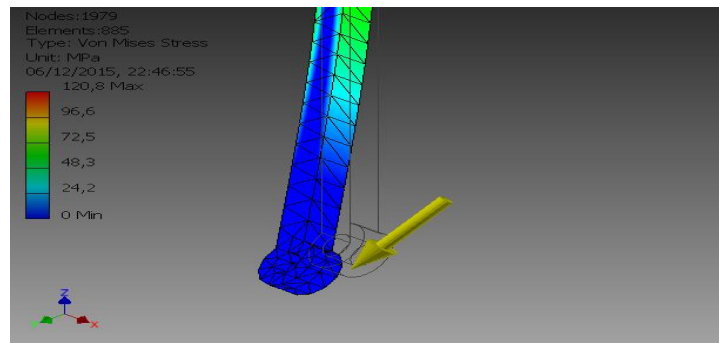
Setelah diketahui analisa yang terjadi pada rangka *sliding bridge*. Diperlukan juga analisa yang terjadi pada lengan. Karena di lengan banyak gaya dan tekanan yang terjadi.



**Gambar 4.10.** Lengan

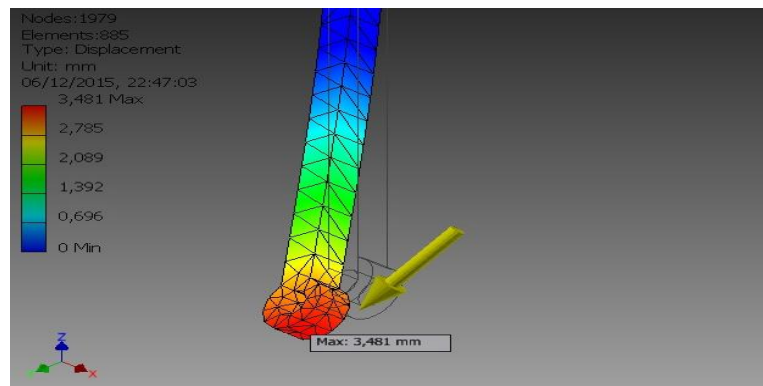
**Tabel 4.4.** *Result summary* lengan

Mass	1,14295 kg
Area	166241 mm <sup>2</sup>
Volume	1142950 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x=181,505 mm
	y=120,805 mm
	z=262,351 mm
Simulation Type	Static Analysis
Name Material	Steel High Strength
Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
Yield Strength	207 MPa
Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Young's Modulus	210 GPa
Poisson's Ratio	0,30 ul
Shear Modulus	80,7692 Gpa
Gravity	9810 mm/s <sup>2</sup>



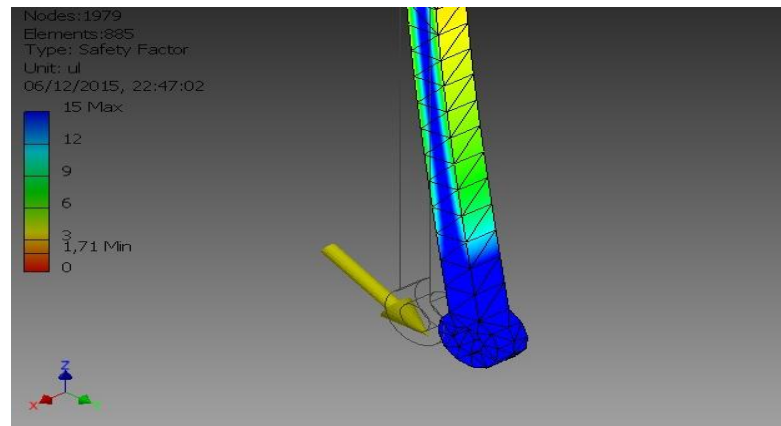
**Gambar 4.11.** Tegangan yang terjadi pada lengan ( *von mises stress* )

Dari analisis tersebut dapat diketahui bahwa lengan tersebut mengalami tegangan maksimal terbesar 120,8 Mpa yang berada pada daerah yang ditunjukkan pada gambar analisis diatas. Sedangkan tegangan minimalnya adalah sebesar 24,2 Mpa.



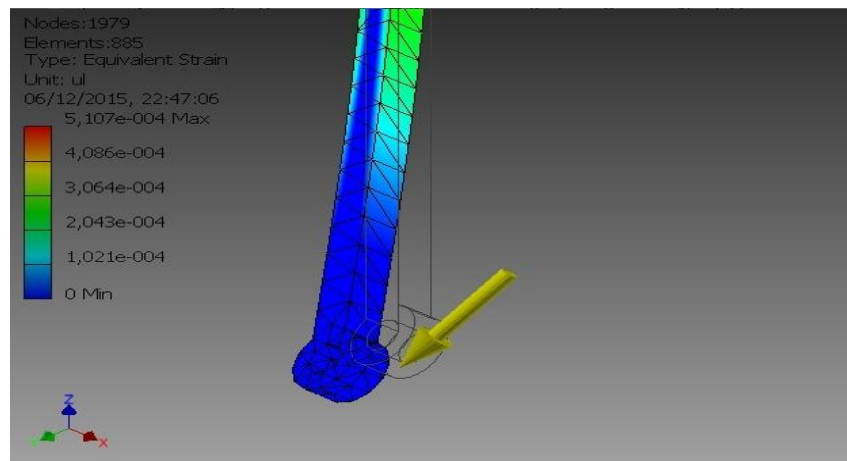
**Gambar 4.12.** Hasil analisis *Displacement* lengan

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa besarnya perpindahan translasi maksimal pada deformasi gambar tersebut adalah 3,481 mm. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan bentuk maksimal yang terjadi pada struktur lengan adalah 0,696 mm dari bentuk awalnya yang ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah.



**Gambar 4.13.** *Safety Factor* lengan

Dalam proses analisa tekanan yang terjadi pada batang lengan, dihasilkan *factor of safety* (FS) minimum adalah 1,71, maksimum adalah 15. Ini menunjukkan kekuatan material > tegangan yang terjadi. Sehingga bisa dinyatakan elemen mesin akan aman bila difungsikan.



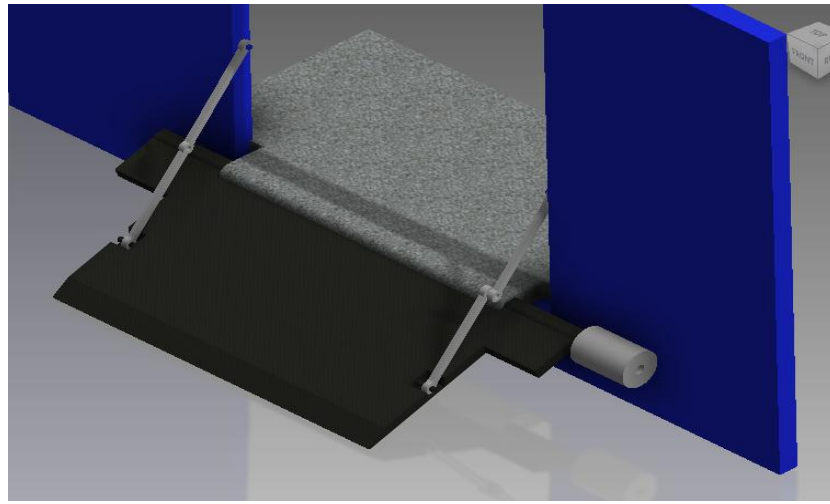
**Gambar 4.14.** *Equvailent strain* lengan

Gambar 4.13 menunjukkan tegangan yang terjadi pada lengan, terlihat dari warna biru pada gambar minimum 1,021 ul dan maksimum

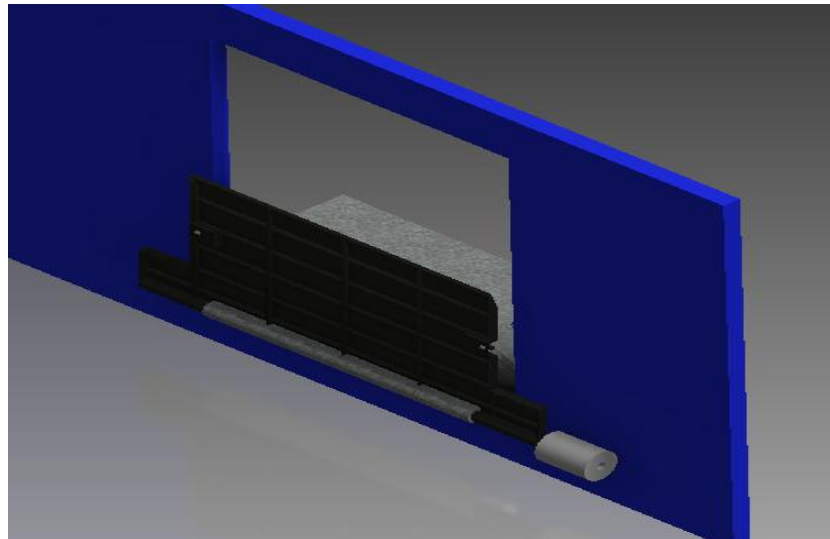
5,107 ul. Sehingga tidak ada masalah dalam kekuatan lengan terhadap tegangan yang terjadi.

### c. Desain Pemodelan Jembatan

#### 1. Desain Pertama

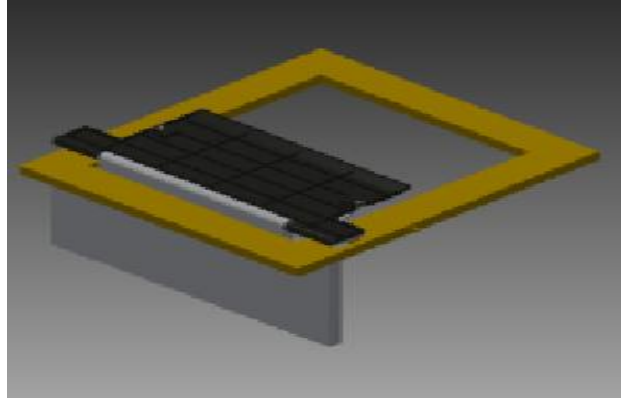


**Gambar 4.15.** Jembatan Terbuka

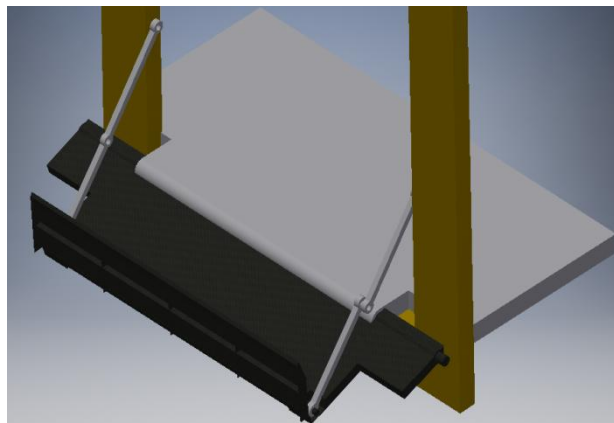


**Gambar 4.16.** Jembatan Tertutup

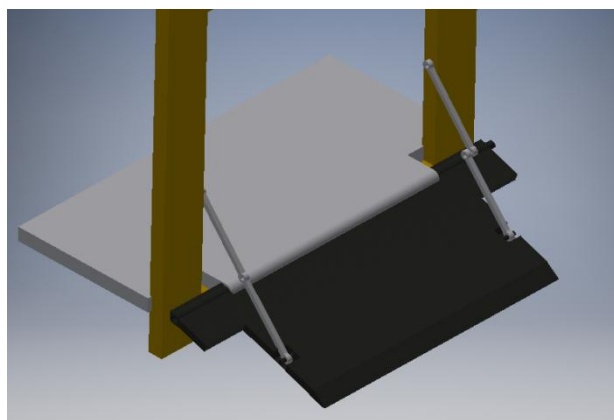
## 2. Desain Kedua



**Gambar 4.17.** Jembatan Tertutup



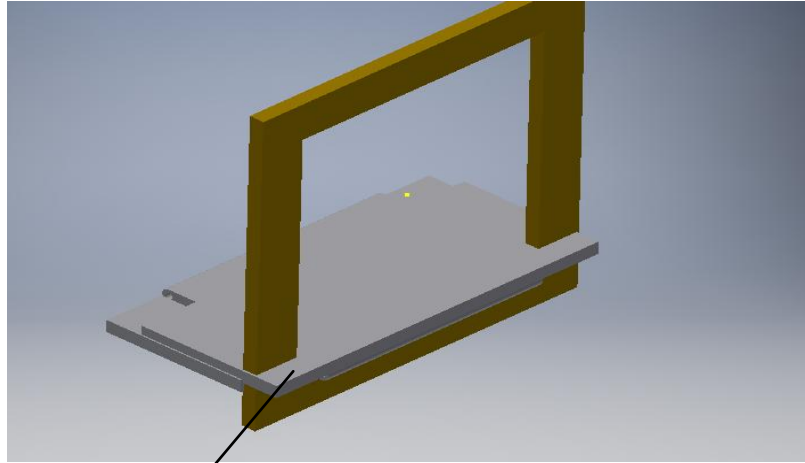
**Gambar 4.18.** Jembatan Tertutup sebagian



**Gambar 4.19.** Jembatan Terbuka

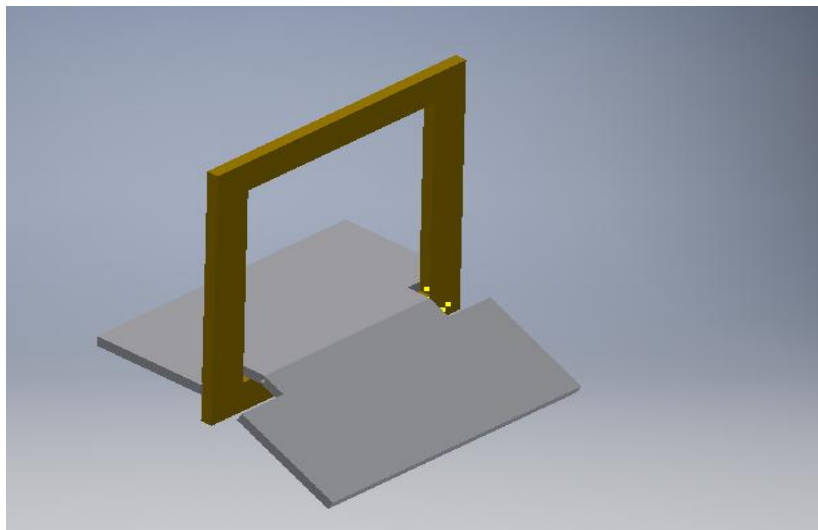


### 3. Desain Ketiga



**Gambar 4.20.** Jembatan Tertutup

Mekanisme jembatan seperti ini akan terdapat kesulitan karena terhalang pintu bus. Kelemahannya, yaitu memungkinkan terjadi rendutan atau lengkung karena beban sudut melengkung kemungkinan tidak bisa menutup.

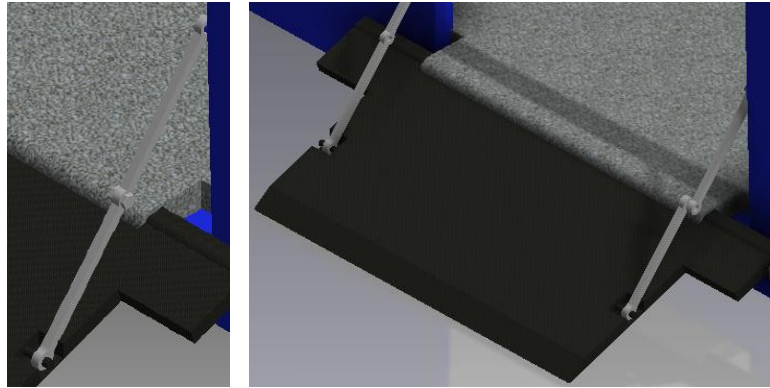


**Gambar 4.21.** Jembatan Terbuka

#### d. Proses Manufaktur Berdasarkan DFMA

##### *Design For Manufactur Assembly*

1. Terdiri dari 2 *part simple* yaitu lengan dan alas jembatan penghubung



**Gambar 4.22.** *Part Simple* Jembatan

2. Menggunakan Plat yang mudah di dapat di pasaran yaitu plat bordes



**Gambar 4.22.** Plat Bordes

3. Menggunakan mekanisme yang mudah dibuat ( menggunakan engsel untuk penopang jembatan, poros untuk penghubung plat jembatan dan penggerak dengan motor listrik )
4. Tidak memiliki desain yang rumit

5. Efek beban pada plat disangga atau di topang dengan baik, segala bentuk perubahan pada plat tidak mempengaruhi proses mekanisme.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis yang penulis susun, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil perancangan Jembatan pada *airport bus* dimensi panjang 2400 mm, lebar 1000 mm, dan tinggi 50 mm, bahan yang digunakan plat bordes
- b. Mekanisme jembatan menggunakan mekanisme menggunakan motor listrik
- c. Jembatan mampu menerima beban maksimal yaitu 2000 N dengan asumsi 2 orang dan kursi roda berdasarkan *Safety Factor* = 4,07 ul dan *Displacement* = 2 mm Hasil analisis menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi masih berada dibawah harga dari *yeild strength*.

#### 5.2 Saran

Di dalam penganalisaan suatu struktur dengan menggunakan perangkat lunak komputer, khususnya *Autodesk Inventor* terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil analisa yang lebih baik, yaitu:

- a. Memahami dasar-dasar teori seperti *FEM* dan *Autodesk Inventor* agar dalam penggambaran dan penganalisaan struktur tidak mengalami kesulitan.
- b. Mahasiswa Program Studi Pendidikan Teknik Mesin dibekali keterampilan menggambar dan penganalisaan struktur menggunakan perangkat lunak computer dengan memasukkan pada mata kuliah perancangan yang terdapat materi tentang CAD (*Computer Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*).
- c. Jembatan pada *airport bus* ini diharapkan dapat mengatasi kesenjangan yang cukup jauh antara tinggi bus dengan dasar maupun sebaliknya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhadiah, Sabarti, Maidar G. Arsjad dan Sakura H. Ridwan. *Pembinaan Kemampuan Menulis Bahasa Indonesia*. Jakarta: Erlangga, 1991.
- Huda, Yon F. *Mahir Menggunakan Autodesk Inventor Pro 2013 Untuk Menggambar Mesin 3D*. Jakarta: Andi, 2014.
- Hurst, Ken. *Prinsip-prinsip Perancangan Teknik*. Jakarta: Erlangga, 2006.
- Mott, Robert, L. *Elemen-Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*, diterjemahkan oleh Ir. Rines M.T, dkk, Yogyakarta: Andi, 2009.
- Narayana, K.L., Kannaiah, dan K. Venkata Reddy. *Machine Drawing: Third Edition*. New Delhi: New Age International Publisher, 2006.
- Sato, G. Takeshi, N. Sugiarto Hartanto. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita, 2003.
- Shigley, Joseph E, Larry D. Mitchell, dan Gandhi Harahap. *Perencanaan Teknik Mesin Edisi Keempat Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 1991.
- Sugiyono. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2009.
- Sularso. *Perencanaan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1995.
- Waguespack, Curtis. *Mastering Autodesk Inventor 2015 and Autodesk Inventor LT 2015*. Canada: Sybex, 2014.

# LAMPIRAN

a. Analisis Frame Jembatan

Analyzed File:	Jembatan Airport Bus.iam
Autodesk Inventor Version:	2014 (Build 180170000, 170)
Creation Date:	06/12/2015, 16:00
Simulation Author:	Lab-Mesin FT UNJ
Summary:	

---

☐ **Project Info (iProperties)**

☐ **Summary**

Author	Planet Setup
--------	--------------

☐ **Project**

Part Number	Assembly1
Designer	Planet Setup
Cost	Rp0
Date Created	10/11/2015

☐ **Status**

Design Status	WorkInProgress
---------------	----------------

☐ **Physical**

Mass	899,737 kg
Area	26254700 mm <sup>2</sup>
Volume	899737000 mm <sup>3</sup>
Center of Gravity	x= 108,922 mm y=-483,443 mm z=-163,084 mm



## ▣ Jembatan

### General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	06/12/2015, 15:44
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

### Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

## ▣ Material(s)

Name	Steel, Alloy	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	250 MPa
	Ultimate Tensile Strength	400 MPa
Stress	Young's Modulus	205 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	78,8462 GPa
Part Name(s)	Part1.ipt	
Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Part Name(s)	alas.ipt alas depn.ipt as engsel.ipt PLAT.ipt PLAT.ipt PLAT 2.ipt PLAT 2.ipt motor.ipt	

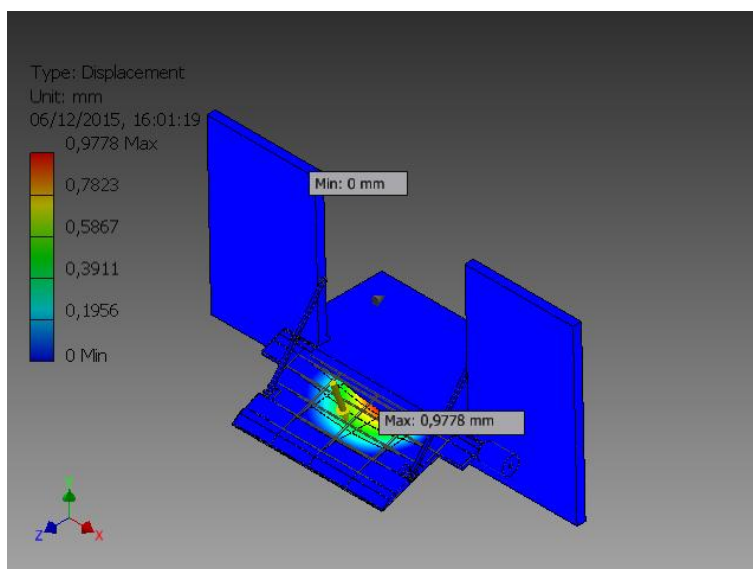
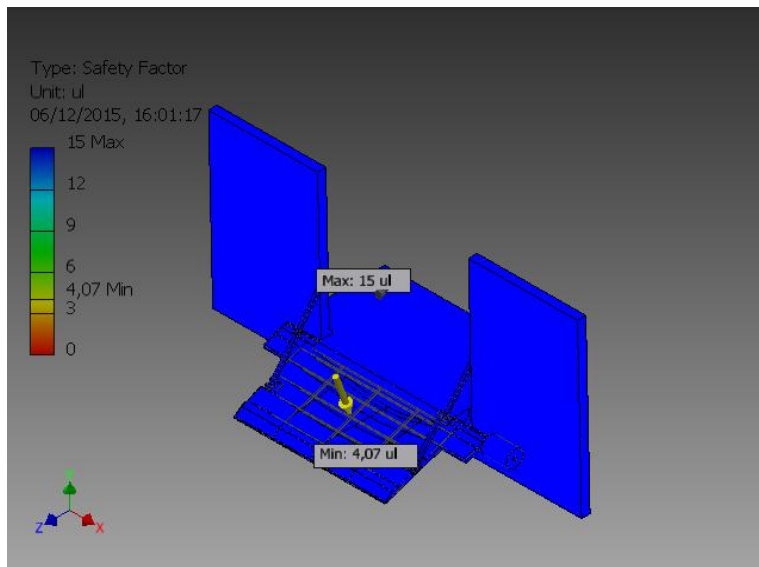
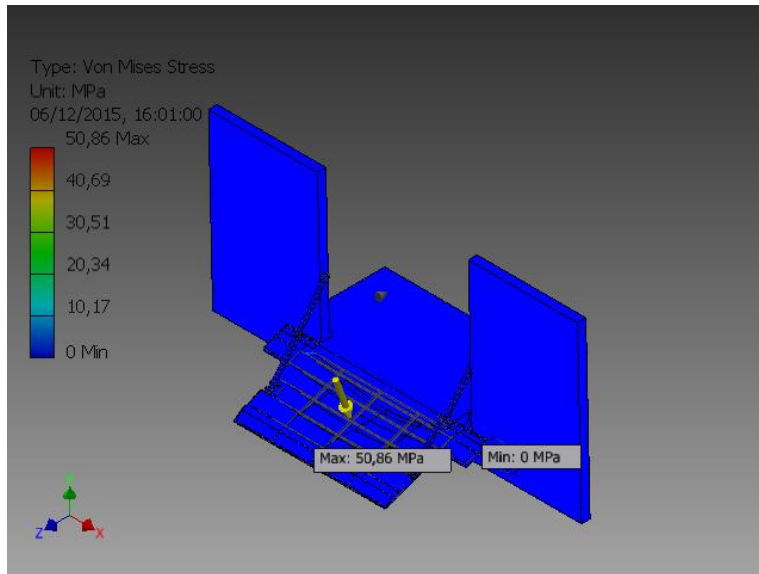
## ▣ Results

### ▣ Reaction Force and Moment on Constraints

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	2000 N	0 N	1318,5 N m	-1311,36 N m
		1879,39 N		49,0504 N m
		684,04 N		-127,927 N m

### ▣ Result Summary

Name	Minimum	Maximum
Volume	899737000 mm <sup>3</sup>	
Mass	7062,93 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	50,8564 MPa
1st Principal Stress	-5,65505 MPa	27,8083 MPa
3rd Principal Stress	-51,6292 MPa	7,17867 MPa
Displacement	0 mm	0,977846 mm
Safety Factor	4,07029 ul	15 ul
Stress XX	-39,8965 MPa	27,7016 MPa
Stress XY	-5,24057 MPa	5,6471 MPa
Stress XZ	-7,2348 MPa	6,71178 MPa
Stress YY	-24,5165 MPa	17,6527 MPa
Stress YZ	-10,2103 MPa	16,8212 MPa
Stress ZZ	-45,2193 MPa	17,0075 MPa
X Displacement	-0,0480851 mm	0,0485408 mm
Y Displacement	-0,932308 mm	0,0273109 mm
Z Displacement	-0,337125 mm	0,0155487 mm
Equivalent Strain	0 ul	0,000215247 ul
1st Principal Strain	-0,00000132664 ul	0,000130822 ul
3rd Principal Strain	-0,000243637 ul	0,00000653353 ul
Strain XX	-0,000188559 ul	0,000130161 ul
Strain XY	-0,0000324417 ul	0,0000349582 ul
Strain XZ	-0,0000447869 ul	0,0000415491 ul
Strain YY	-0,0000968228 ul	0,0000751358 ul
Strain YZ	-0,0000632064 ul	0,000104131 ul
Strain ZZ	-0,000204677 ul	0,0000591328 ul
Contact Pressure	0 MPa	166,622 MPa
Contact Pressure X	-40,5875 MPa	42,5958 MPa
Contact Pressure Y	-144,385 MPa	126,961 MPa
Contact Pressure Z	-121,064 MPa	70,6164 MPa



b. *Analysis* Lengan Jembatan

☐ **Simulation:1**

**General objective and settings:**

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	06/12/2015, 22:46
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

**Mesh settings:**

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

☐ **Material(s)**

Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Part Name(s)	PLAT 2.ipt PLAT 2.ipt	

## ☐ **Simulation:1**

### **General objective and settings:**

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	06/12/2015, 22:46
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

### **Mesh settings:**

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg
Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

## ☐ **Material(s)**

Name	Steel	
General	Mass Density	7,85 g/cm <sup>3</sup>
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	210 GPa
	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	80,7692 GPa
Part Name(s)	PLAT 2.ipt PLAT 2.ipt	

☐ **Contacts (Bonded)**

Name	Part Name(s)
Bonded:1	PLAT 2:1 PLAT 2:2

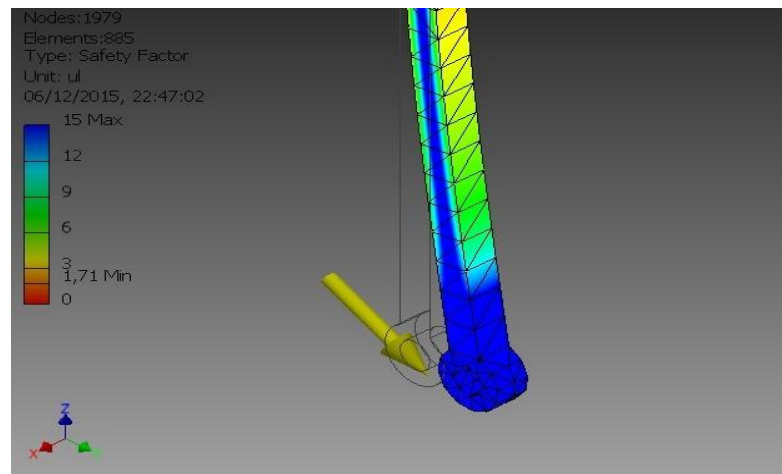
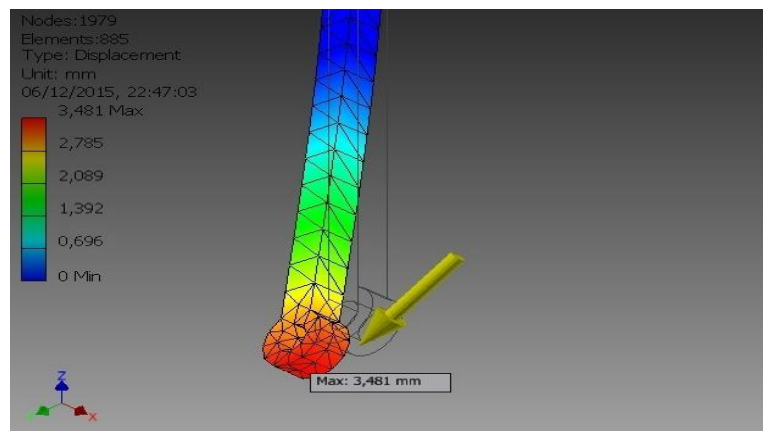
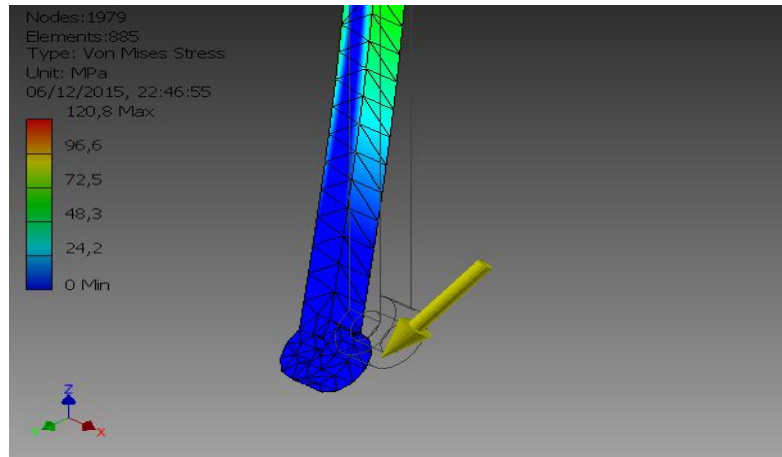
☐ **Results**

☐ **Reaction Force and Moment on Constraints**

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	1000 N	0 N	738,476 N m	-737,799 N m
		-881,712 N		15,3819 N m
		471,788 N		27,6309 N m

☐ **Result Summary**

Name	Minimum	Maximum
Volume	1142960 mm <sup>3</sup>	
Mass	8,9722 kg	
Von Mises Stress	0 MPa	120,76 MPa
1st Principal Stress	-5,66353 MPa	121,862 MPa
3rd Principal Stress	-101,642 MPa	6,75454 MPa
Displacement	0 mm	3,48119 mm
Safety Factor	1,71415 ul	15 ul
Stress XX	-10,1539 MPa	9,72589 MPa
Stress XY	-3,74257 MPa	9,56702 MPa
Stress XZ	-9,37941 MPa	9,83343 MPa
Stress YY	-27,5935 MPa	27,3816 MPa
Stress YZ	-19,1558 MPa	32,4586 MPa
Stress ZZ	-101,637 MPa	121,222 MPa
X Displacement	-0,00292196 mm	0,00310475 mm
Y Displacement	-0,0032638 mm	3,48119 mm
Z Displacement	-0,273189 mm	0,27019 mm
Equivalent Strain	0 ul	0,000510708 ul
1st Principal Strain	0 ul	0,000576896 ul
3rd Principal Strain	-0,000485751 ul	0 ul
Strain XX	-0,000150396 ul	0,000146295 ul
Strain XY	-0,0000231683 ul	0,0000592244 ul
Strain XZ	-0,000058063 ul	0,0000608736 ul
Strain YY	-0,000185884 ul	0,000148149 ul
Strain YZ	-0,000118584 ul	0,000200934 ul
Strain ZZ	-0,000485724 ul	0,000572932 ul
Contact Pressure	0 MPa	93,0789 MPa
Contact Pressure X	-21,7366 MPa	23,1837 MPa
Contact Pressure Y	-19,1594 MPa	26,684 MPa
Contact Pressure Z	-89,5071 MPa	89,086 MPa



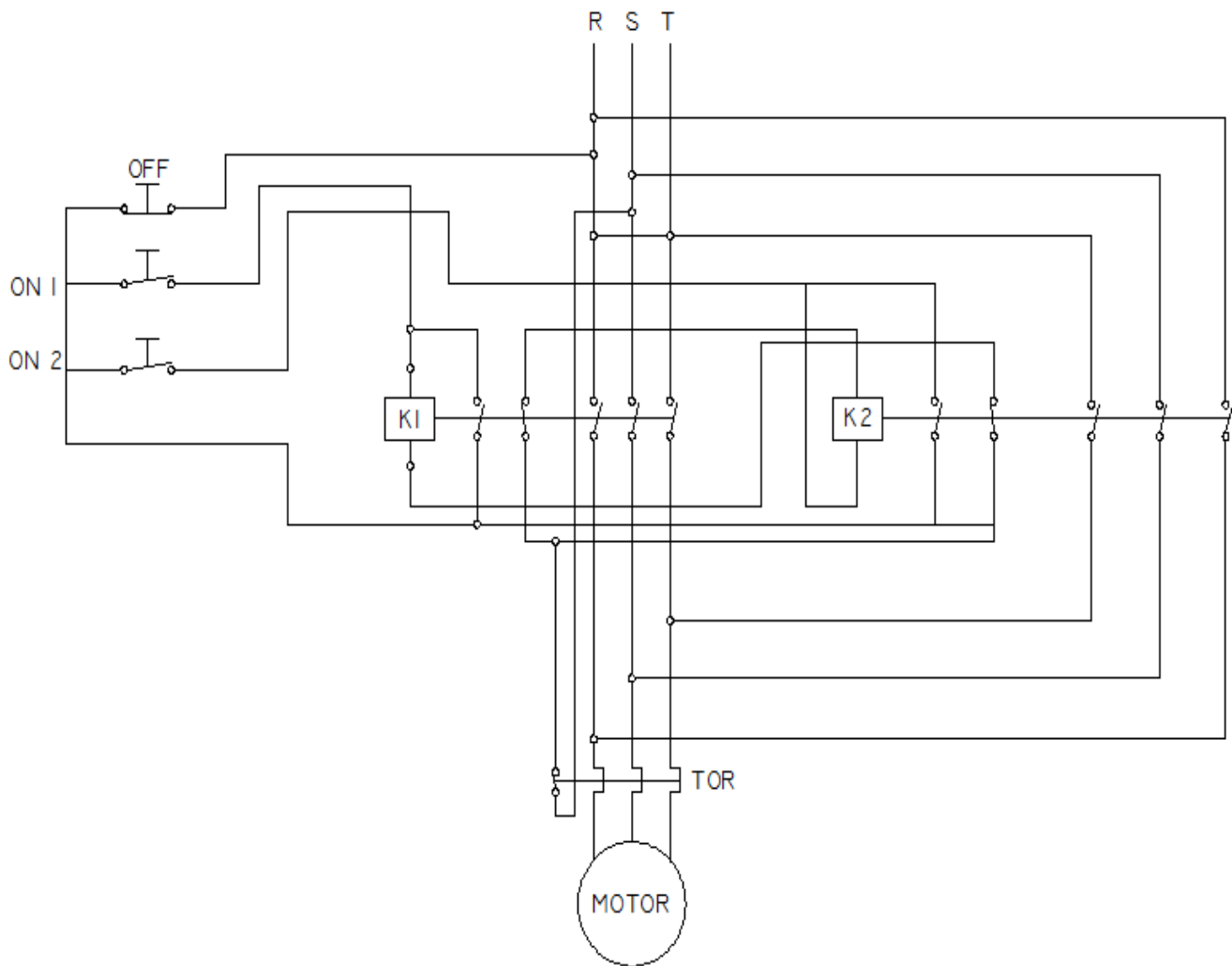
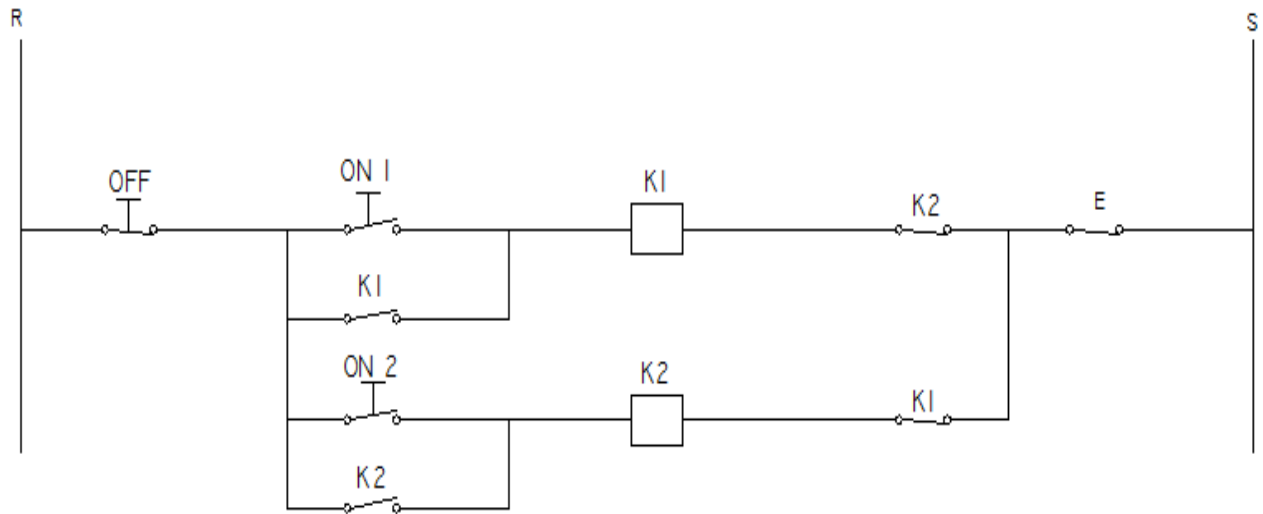
**c. Spesifikasi Bearing jenis Deep Groove Ball**

No	Jenis Bearing	Dalam	Luar	Tebal
1	6000	10	26	8
2	6001	12	28	8
3	6002	15	32	9
4	6003	17	35	10
5	6004	20	42	12
6	6005	25	47	12
7	6006	30	55	13
8	6007	35	62	14
9	6008	40	68	15
10	6009	45	75	16
11	6010	50	80	16
12	6011	55	90	18
13	6012	60	95	18
14	6014	70	110	20
15	6015	75	115	20
16	6200	10	30	9
17	6201	12	32	10
18	6202	15	35	11
19	6203	17	40	12
20	6204	20	47	14
21	6205	25	52	15
22	6206	30	62	16
23	6207	35	72	17
24	6208	40	80	18
25	6209	45	85	19
26	6210	50	90	20
27	6211	55	100	21
28	6212	60	110	22
29	6213	65	120	23
30	6214	70	125	24

\*satuan mm



Wiring Diagram Motor Listrik



Keterangan *wiring diagram* :

Skema cara kerja jembatan penghubung bus dan tanah ialah dengan penggunaan tombal – tombol yang tersedia pada kendali kemudi dan terdapat di jembatan, penguncian juga dapat dilakukan dengan menggunakan kontak bantu, untuk mengoperasikan arah maju kontak NO/ON1, kumparan K1 dan kontak bantu K2 serta kontak thermalsaling berhubungan seri. Untuk operasi arah mundur, kontak NO/ON2, kumparan K2, kontak NC K2 kontak thermal saling berhubungan seri. Bila saklar ON 1 ditekan, maka K1 akan dapat arus dan motor akan berputar arah maju. Meskipun ON 2 ditekan, K2 tidak akan beroperasi karena saklar bantu NC K1 terbuka selama K1 beroperasi. Demikian juga sebaliknya sehingga K1 dan K2 tidak beroperasi secara bersamaan. Jika K1 dan K2 beroperasi bersamaan maka akan terjadi hubungan singkat antar fasa.

## RIWAYAT HIDUP



**Ipnu Maula Syakur** dilahirkan di DKI Jakarta pada tanggal 17 Agustus 1993. Putra tunggal dari pasangan Bapak Muslimin dan Ibu Rodemah. Bertempat tinggal di Kp. Malaka 1 Gg. 2 No. 20 Rt. 02 Rw.12 Kel. Rorotan Kec. Cilincing Jakarta Utara 14140.

Menempuh pendidikan dasar hingga Perguruan Tinggi diselesaikan di Jakarta yaitu SD Negeri Rorotan 05 Pagi, SMP Negeri 162 Jakarta Utara, SMK Negeri 4 Jakarta, dan Universitas Negeri Jakarta (UNJ) pada program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik (FT)