

PERANCANGAN TUNNEL PADA KENDARAAN GARBARATA



Disusun Oleh :

MUHAMMAD ARIF RAHMAN

5315122752

Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Dalam Mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

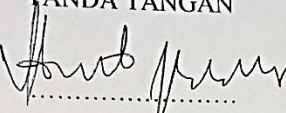
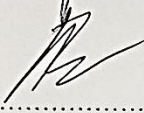
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2016



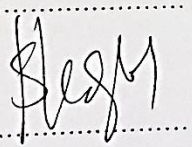
HALAMAN PENGESAHAN

Judul : PERANCANGAN TUNNEL PADA KENDARAAN GARBARATA
Nama : Muhammad Arif Rahman
No. Registrasi : 5315122752

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

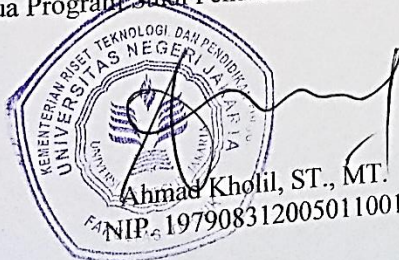
NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dr. Eng. Agung Premono, M.T. NIP. 197705012001121002 (Dosen Pembimbing I)		11/8/2016
Ragil Sukarno, ST., MT. NIP. 19791102201212001 (Dosen Pembimbing II)		11/8/2016

PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

Dr. Catur Setyawan K., M.T. NIP. 197102232006041001 (Ketua Penguji)		08/8/2016
Ferry Budhi Susetyo., ST., MT., M.Si NIP. 198202022010121002 (Sekretaris)		11/8/2016
Drs. H. Sirojuddin, M.T NIP. 196010271990031003 (Dosen Ahli)		14/8/2016

Tanggal Lulus : 02 Agustus 2016

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin - UNJ


Ahmad Kholil, ST., MT.
NIP. 197908312005011001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan karunia yang diberikan kepada penulis, sehingga skripsi dengan judul Perancangan Tunnel pada Kendaraan Garbarata dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Skripsi ini merupakan syarat guna mendapatkan Gelar Sarjana Pendidikan di Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penyelesaian Skripsi ini, penulis mendapat dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Ahmad Kholil, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
2. Bapak Nugroho Gama Yoga, ST., MT. selaku Sekretaris Program Studi Pendidikan Teknik Mesin.
3. Bapak Dr. Eng. Agung Premono, MT. selaku Dosen Pembimbing I, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
4. Bapak Ragil Sukarno, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
5. Bapak Sirojuddin ST., MT. selaku Dosen Ahli, yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis.
6. Para dosen beserta jajaran staf Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
7. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu mendoakanku dan memberi dukungan baik secara moral maupun materi.
8. Annisa Nurul Hidayah, Akbar Wiguna, Singgih Kristanto, dan Riswandi Kelompok Tim Skripsi Kendaraan Garbarata yang telah memberikan bantuan, masukan dan motivasi.
9. Seluruh teman-teman Teknik Mesin 2012 yang telah memberikan bantuan serta dukungannya.
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan semuanya, atas bantuan dan perhatiannya baik secara langsung maupun tidak langsung untuk memperlancar penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan, keterampilan, serta pengalaman yang dimiliki, sehingga masih terdapat banyak kekurangan, baik dari segi penulisan maupun isi. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diperlukan penulis untuk dapat meningkatkan kualitas skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan pengetahuan dalam pembuatan karya tulis yang lain serta peningkatan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Jakarta, Juli 2016

Penulis

ABSTRAK

Muhammad Arif Rahman. Skripsi: *Perancangan Tunnel pada Kendaraan Garbarata*. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, 2016.

Perancangan Tunnel pada Kendaraan Garbarata bertujuan untuk membantu penumpang mengantarkan ke pesawat. Kendaraan ini dirancang dan dibuat sebagai tambahan alternatif fasilitas untuk kenyamanan dan keselamatan penumpang ketika melakukan proses *boarding* di Bandara. Berdasarkan desain, bagian rangka Tunnel kendaraan Garbarata didesain ketika posisi awal dan posisi akhir Material yang digunakan adalah *carbon steel* dengan ukuran hollow 30 x 30 x 1 cm, 50 x 50 x 3 cm, dan 100 x 100 x 10 cm Kekuatan analisis yang dilakukan pada bagian rangka Tunnel bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari desain, dimensi rangka, dan material yang digunakan supaya mampu menahan beban dari penumpang. Untuk menguji kekuatan rangka Tunnel kendaraan Garbarata, dilakukan dengan menggunakan program komputer berbasis metode elemen hingga dan di analisa statik. Gaya-gaya pada rangka Tunnel kendaraan Garbarata digambarkan secara manual, dan kemudian nilai-nilai pembebanan tersebut dimasukkan kedalam program komputer berbasis metode elemen hingga. Dari hasil simulasi analisa statik dapat diketahui bahwa titik-titik kritis pada semua rangka Tunnel terletak pada daerah bagian tengah rangka. Untuk safety factor rangka Tunnel sudah memenuhi syarat aman. Rangka Tunnel posisi awal diperoleh *Normal Stress* yaitu 102,321 MPa lalu *displacement* yaitu 7,741 mm, dan *safety factor* yaitu 2,023. *Safety factor* akan meningkat seiring dengan bertambahnya ukuran dimensi dari desain rangka Tunnel. Desain dan material mempunyai pengaruh yang besar terhadap kekuatan dari rangka Tunnel kendaraan Garbarata, sehingga optimasi pada fase desain melalui metode elemen hingga akan sangat membantu untuk mengurangi kerugian pada fase pembuatan.

Kata kunci : Kendaraan Garbarata, Rangka Tunnel, Metode elemen hingga, Perancangan

ABSTRACT

Muhammad Arif Rahman. Thesis: Design Tunnel on garbarata Vehicles. Jakarta: Study Program Faculty of Engineering, State University of Jakarta, in 2016.

Design Tunnel on garbarata Vehicles aims to help deliver passengers to the aircraft. The vehicle was designed and created as an alternative additional facilities for the comfort and safety of passengers when boarding process at the airport. Based on the design, the frame Tunnel vehicle garbarata designed when the start position and end position The material used is carbon steel with the size of the hollow 30 x 30 x 1 cm, 50 x 50 x 3 cm, and 100 x 100 x 10 cm Strength analysis conducted in Tunnel sections order to determine the effect of the design, the dimensions of the frame, and the materials used in order to be able to withstand the load of passengers. To test the strength of the framework Tunnel garbarata vehicle, carried out using a computer program based on the finite element method and static analysis. The forces in order Tunnel garbarata vehicle described in the manual, and then loading the values entered into the computer program based on the finite element method. Static analysis of the simulation results can be seen that the critical points on all order Tunnel lies in the area of the middle frame. Tunnel safety factor for the framework already qualified secure. Order Tunnel starting position is obtained Normal Stress is 102.321 MPa and displacement is 7.741 mm, and the safety factor is 2.023. Safety factor will increase with the size of the dimension of the design framework Tunnel. The design and material has a great influence on the strength of the framework Tunnel garbarata vehicle, so that the optimization of the design phase through the finite element method will greatly help to reduce losses in the manufacturing phase.

Keyword : Garbarata vechicle , Frame Tunnel, The finite element method, design

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Arif Rahman

No.Reg : 5315122752

Menyatakan bahwa karya tulis skripsi saya adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapat gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing; Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian lembar pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila kemudian ditemukan bahwa skripsi ini tidak asli sesuai pernyataan di atas, maka penulis bersedia menerima hukuman yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan

Muhammad Arif Rahman

No. Reg 5315122752

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	v
LEMBAR PERNYATAAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Perumusan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	4
BAB II LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Garbarata.....	5
2.2 Perancangan	8
2.3 Analisis Gaya	11
2.4 Momen	14
2.5 Analisa Kekuatan Material	15
2.6 <i>Finite Element Method (FEM)</i>	20
2.7 Faktor keamanan (Safety Factor).....	21

2.8	Pemilihan Faktor Keamanan.....	22
2.9	Autodesk Inventor.....	23
2.9.1	Cara kerja <i>Autodesk Inventor</i>	24
2.10	<i>Stress Analysis</i>	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		28
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian.....	28
3.2	Instrumen Penelitian	28
3.3	Diagram Alir Penelitian	29
3.4	Teknik dan Prosedur pengumpulan data.....	35
3.5	Teknik Analisis Data	38
BAB IV HASIL PERANCANGAN.....		42
4.1	Desain	42
4.2	Analisis Data Penelitian.....	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
DAFTAR PUSTAKA.....		48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bagian – bagian Garbarata.....	6
Gambar 2. 2 Flow chart prosedur perancangan.....	11
Gambar 2. 3 Prinsip statika Keseimbangan.....	12
Gambar 2. 4 Reaksi tumpuan rol.....	13
Gambar 2. 5 Reaksi tumpuan sendi.....	13
Gambar 2. 6 Reaksi tumpuan jepit.....	14
Gambar 2. 7 Momen.....	14
Gambar 2. 8 Komponen – komponen tegangan normal dan geser.....	16
Gambar 2. 9 Batang Prismatik Yang Dibebeani Gaya Aksial.....	17
Gambar 2. 10 Gaya tarik aksial.....	17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian posisi awal.....	29
Gambar 3. 2 Dimensi truk untuk kendaraan garbarata.....	30
Gambar 3. 3 Ukuran pintu pesawat.....	31
Gambar 3. 4 Posisi Awal Kendaraan Garbarata.....	32
Gambar 3. 5 posisi naik Kendaraan Garbarata.....	33
Gambar 3. 6 Tunnel kendaraan Garbarata.....	34
Gambar 3. 7 Pemberian Pembebanan pada Tunnel.....	34
Gambar 3. 8 Rangka Tunnel Garbarata.....	35
Gambar 3. 9 <i>Constrains</i> Posisi Awal.....	39
Gambar 3. 10 <i>Constrains</i> Posisi Akhir.....	39
Gambar 3. 11 letak gaya pada rangka Tunnel Posisi Awal.....	40

Gambar 3. 12 letak gaya pada rangka Tunnel Posisi Awal	40
Gambar 3. 13 Spesifikasi Material	41
Gambar 4. 1 <i>Normal Stress</i> rangka tunnel.....	43
Gambar 4. 2 Moment rangka tunnel.....	44
Gambar 4. 3 <i>Displacement</i> rangka tunnel	44
Gambar 4. 4 <i>Normal Stress</i> rangka tunnel.....	45
Gambar 4. 5 Moment rangka tunnel.....	46
Gambar 4. 6 <i>Displacement</i> rangka tunnel	46

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 3 Daftar spesifikasi perencanaan	37
Tabel 4. 1 Data Rangka Tunnel.....	42
Tabel 4. 2 Hasil pemberian pembebanan posisi awal tunnel.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan transportasi setelah jaman industrialisasi berjalan dengan sangat cepat, dimulai dengan penerapan mesin uap untuk angkutan kereta api dan kapal laut, kemudian disusul dengan ditemukannya mesin dengan pembakaran dalam. Penemuan selanjutnya yang sangat mempengaruhi sistem transportasi adalah mesin turbin gas. Kemudian dikembangkan menjadi turbo jet yang digunakan pada pesawat terbang¹. Seiring meningkatnya moda transportasi di ikuti peningkatan kebutuhan masyarakat untuk menggunakan sarana transportasi dikarenakan efisiensi waktu dengan cepat ke tujuan, transportasi yang cocok digunakan adalah pesawat terbang. Karena pesawat terbang memerlukan waktu yang lebih sedikit untuk sampai ke tujuan dibandingkan dengan transportasi lainnya.

Pesawat terbang merupakan salah satu moda transportasi yang jalur Bergeraknya di udara. Kemudian penggunaan jasa pesawat terbang sudah terus meningkat baik domestik maupun internasional, disebabkan kebutuhan masyarakat yang ingin sampai tempat tujuan dengan cepat. Berdasarkan Badan Pusat Statistik jumlah peningkatan penumpang domestik di bandara di Indonesia pada tahun 2013 mencapai 72,6 juta orang, naik 5,6 persen dari tahun 2012 sebanyak 68,5 juta orang².

Lalu penumpang pesawat juga perlu di perhatikan untuk sarana penunjang yang masih terkendala pada fasilitas bandara, sebaiknya bandara melakukan peningkatan sarana umum demi kenyamanan penumpang pesawat terbang,. Penumpang pada *low*

¹ https://id.wikibooks.org/wiki/Moda_Transportasi/Sejarah_transportasi diakses tanggal 21 mei 2016

² www.bps.go.id di akses tanggal 29 mei 2016

cost airlines, dalam proses *boarding* mengalami kesulitan, Dikarenakan kondisi penumpang harus naik bus pengumpan (*apron bus*) pada area yang jauh dari terminal. Lalu untuk naik turunnya pesawat masih menggunakan tangga sehingga penumpang pesawat terbang terganggu oleh keadaan cuaca.

Untuk menghadapi kendala di bandara tersebut maka ditambahkan jembatan penghubung antara terminal dengan pesawat, yang dikenal dengan Garbarata. Garbarata adalah suatu fasilitas yang sangat penting untuk meningkatkan kinerja unit *apron movement control* pada bandara internasional untuk menanggulangi tingkat pergerakan kedatangan pesawat. Dengan garbarata, penumpang yang akan naik maupun turun dari pesawat ke terminal lebih terasa nyaman karena tidak terganggu cuaca. Yang lebih utama, keberadaan garbarata memudahkan para penyandang cacat fisik dalam pelaksanaan *boarding*.

Oleh sebab itu, penulis mengambil topik garbarata lalu berusaha menggabungkan *apron bus* dan garbarata dengan menyatukan kelebihan dari kedua alat transportasi pengantar tersebut sebagai pilihan alternatif kendaraan pengantar penumpang, Perancangan cabin dan tuonel pada kendaraan garbarata yang sudah memperhitungkan tingkat keamanan penumpang, dapat menjadi solusi alat transportasi pengantar yang fleksibel terhadap penumpang. Sehingga dapat memaksimalkan penumpang *low cost airlines* dalam proses *boarding* di daerah terminal.

1.2 Identifikasi Masalah

Dari latar belakang masalah diatas dapat diambil beberapa identifikasi masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana desain Tunnel pada kendaraan Garbarata?

2. Bagaimana perhitungan desain komponen - komponen Tunnel pada kendaraan Garbarata untuk keamanan penumpang?
3. Bagaimana tekanan yang terjadi pada Tunnel kendaraan Garbarata jika dibebani penumpang?

1.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan Latar belakang dan Identifikasi masalah maka penulis mengambil batasan yang terkait dengan desain Tunnel pada kendaraan Garbarata antara lain :

1. Bentuk kendaraan Garbarata yang digunakan adalah truk Hino Ranger FG 235 JP
2. Pesawat yang digunakan adalah pesawat nasional boeing 737
3. Pembahasan lebih ditekankan pada sejauh mana efisien dalam rangka tunnel yang berdimensi 50x 50x 3 mm, 100 x 100 x 10 mm, 30 x 30 x 1,2 mm dengan material *carbon steel*. Rangka Tunnel pada kendaraan Garbarata akan diberikan beban penumpang dengan memperhatikan tingkat , *Normal stress, Displacement, Safety factor*.
4. Pembebanan dilakukan dengan penumpang seberat 85 kg, jumlah penumpang sebanyak 60 orang dan tempat duduk seberat 16 kg jumlah tempat duduk sebanyak 30 buah
5. Program yang digunakan adalah software *Autodesk Inventor 2015* Software *Autodesk Inventor 2015* sebagai program pembuatan desain dan analisis kekuatan tekanan pada rangka Tunnel.

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan pembatasan masalah di atas, maka perumusan masalahnya, yaitu :” Bagaimana rancangan tunnel pada kendaraan garbarata?”

1.5 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk turut serta dalam upaya mendukung kemajuan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi terutama pada bidang keteknikan. Adapun tujuan utamanya adalah :

1. Menghasilkan rancangan desain kendaraan Garbarata sebagai alternatif kendaraan pengantar penumpang di bandara
2. Menentukan rancangan desain rangka Tunnel secara efisien dari jumlah maksimal penumpang yang cukup di kendaraan garbarata.
3. Mengetahui *safety factor* yang dihasilkan dari desain tunnel pada kendaraan Garbarata pada saat diberikan beban.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan kreatifitas dalam peningkatan fasilitas bandara dengan mendesain kendaraan Garbarata yang berfungsi ganda yaitu sebagai bus dan juga Garbarata. Dengan demikian, proses *boarding* dapat dilakukan dengan satu kali proses.
2. Memberikan solusi kemudahan untuk penumpang *low cast* melakukan proses *boarding* di bandara.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Garbarata

Fasilitas lorong atau jembatan yang menghubungkan pesawat dengan gedung terminal bandara, yang digunakan untuk naik turun penumpang dari pesawat ke gedung terminal bandara atau sebaliknya³. Nama Garbarata itu sendiri itu diambil dari bahasa sanksekerta yang berarti belalai gajah. Menurut artikel lain Garbarata atau nama lainnya dikenal dengan sebutan *Passenger Boarding Bridge* adalah merupakan lorong (Tunnel) yang dapat bergerak secara horizontal (memanjang dan memendek), *vertical* (naik dan turun) dan berotasi sebesar 175 derajat dengan Tunnel sebagai poros serta pada bagian Tunnel (*Contact Head*) yang dapat berotasi ke kiri dan kekanan sebesar 100° (17° kanan dan 85° kiri)⁴. Sebelumnya Garbarata juga dikenal dengan nama lorong teleskopik, *gang way*, *ram way*, dan *boarding bridge*. Garbarata biasanya ditemukan di bandara – bandara besar untuk penerbangan internasional dan sejenisnya. Sebelum terkenalnya Garbarata, penumpang biasanya naik pesawat dengan berjalan di sepanjang jalan tanah-tingkat dan mendaki tangga bergerak, atau naik air stairs pada pesawat. Lalu ini beberapa keuntungan yang didapatkan dengan adanya penggunaan Garbarata diantaranya adalah sebagai berikut :

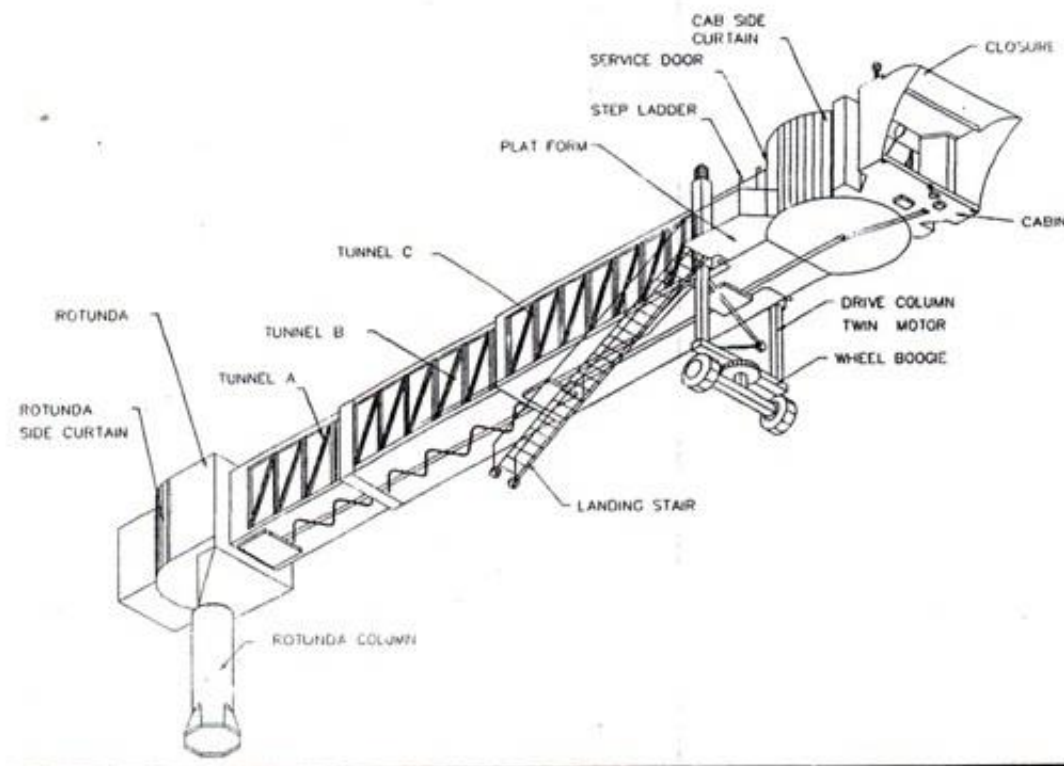
- Melindungi para penumpang dan awak pesawat dari pencemaran udara yang dihasilkan oleh mesin pesawat.

³ Handoyo singgih, sudibyo dudi, *AVIAPEDIA Ensiklopedia Umum Penerbangan* (Jakarta : Kompas, 2011), hal.3

⁴ Pongbala semuel, Garbarata (passenger boarding bridge), <http://gloopic.net/article/Garbarata-passenger-boarding-bridge>, diakses 1 Mei 2016

- Melindungi para penumpang dan awak pesawat dari cuaca sekeliling. Misalnya panas, dingin, angin, dan hujan.
- Mempermudah pengaturan keamanan, termasuk dalam sistem pemeriksaan.

Dengan demikian penggunaan Garbarata dipandang lebih baik dari pada penggunaan landing stairs yang sebelumnya lebih banyak digunakan. Selain itu, Kemudahan pengoperasian alat ini dengan menggunakan sistem elektronik yang ditunjang dengan penggunaan komputer untuk pengontrolan pengoperasian.



Sumber: <http://www.gloopic.net/article/Garbarata-passenger-boarding-bridge> di akses tanggal 1 mei 2016

Gambar 2. 1Bagian – bagian Garbarata

Bagian-Bagian Utama Garbarata :

1. Tunnel, yaitu bagian badan Garbarata yang dapat bergerak secara teleskopik serta dapat menyesuaikan ketinggiannya terhadap pesawat yang hendak dijangkau. Garbarata dapat terdiri dari dua Tunnel atau lebih.
2. Tunnel, yaitu bagian dari Garbarata yang menjadi penghubung antara Fix Gate dengan Tunnel. Tunnel adalah bagian Garbarata dimana Tunnel dapat bergerak ke kiri dan kekanan, dengan derajat rotasi tertentu.
3. *Driving column* dan *Swiveling*, adalah bagian dari Garbarata yang dapat menggerakkan Garbarata secara elektro mekanik ke atas dan ke bawah (bergerak secara *Vertical*), memanjang dan memendekkan (*Extend* dan *retract*) Tunnel, serta dapat bergerak ke kiri dan ke kanan dengan Tunnel sebagai poros.
4. Tunnel (*Contact Head*), bagian dari Garbarata yang berhubungan dengan pesawat. Bagian ini dapat berputar terhadap Tunnel ke kiri ataupun ke kanan untuk menjangkau pintu pesawat dimana penumpang akan ke luar dari dan menuju Tunnel / pesawat.
5. *Self Leveling Device (Auto Leveler)*, Bagian penting dari Garbarata yang berfungsi sebagai penyesuai otomatis ketinggian Garbarata terhadap .pintu pesawat.
6. *Safety Devices*, Bagian Garbarata yang berfungsi sebagai alat keselamatan. Alat ini bekerja secara otomatis untuk mencegah terjadinya kesalahan atau kegagalan operasional yang dapat menyebabkan kerusakan pada Garbarata serta keselamatan penerbangan.

7. *Access Service (Landing Stair, Plate Form, serta Service Door)* adalah bagian Garbarata yang berfungsi sebagai *access* bagi yang berwenang untuk menuju Tunnel dari Apron atau sebaliknya.
8. *Air Condition*, adalah bagian dari Garbarata yang berfungsi untuk mengkondisikan suhu interior Garbarata sesuai dengan suhu yang diinginkan.

2.2 Perancangan⁵

Perancangan teknik adalah aktivitas untuk membangun dan mendefinisikan solusi bagi masalah – masalah yang tidak dapat di pecahkan sebelumnya, atau solusi baru bagi berbagai masalah yang sebelumnya telah dipecahkan namun dengan cara yang berbeda. Perancangan teknik menggunakan kemampuan intelektual untuk mengaplikasikan pengetahuan ilmiah dan memastikan agar produknya sesuai dengan kebutuhan pasar serta spesifikasi desain produk yang disepakati, namun tetap dapat di pabrikan dengan metode yang optimum. Aktivitas desain tidak dapat dikatakan selesai sebelum hasil akhir produk dapat dipergunakan dengan tingkat performa yang dapat diterima dan dengan metode kerja yang terdefinisi dengan jelas.

Dalam membuat suatu rancangan memiliki tahapan – tahapan perancangan yang harus dilengkapi terlebih dahulu. Tahapan – tahapan ini berfungsi sebagai acuan dalam rancangan itu sendiri. Secara umum tahapan perancangan antara lain:

1. Analisis Masalah, Spesifikasi Produk dan Perencanaan Proyek

Analisis masalah adalah pernyataan masalah atau *problem statement* tentang produk baru. Pernyataan masalah tersebut belum berupa solusi / produk – baru, tetapi mengandung keterangan – keterangan tentang produk yang akan dirancang.

⁵ Hurst ken, *Prinsip –prinsip Dasar Teknik* (Jakarta : Erlangga,2006)

Pernyataan masalah mengandung tiga buah unsur, yaitu:

- Pernyataan masalah itu sendiri
- Beberapa kendala atau *constrains* yang membatasi solusi masalah tersebut dan spesifikasi produk
- Kriteria keterterimaan (*acceptability criteria*) dan kriteria lain yang harus di penuhi produk

Spesifikasi produk merupakan dasar dan pemandu bagi perancang dalam merancang produk dan spesifikasi produk tersebut akan menjadi tolak ukur pada evaluasi hasil rancangan dan evaluasi produk yang sudah jadi.

Spesifikasi produk mengandung hal – hal berikut :

- Kinerja atau *performance* yang harus dapat dicapai produk
- Kondisi lingkungan, seperti temeperatur, tekanan dan lain – lain yang akan dialami produk
- Kondisi operasi lain
- Jumlah produk yang akan dibuat
- Dimensi produk
- Berat produk
- Ergonomik
- Keamanan dan safety
- Harga produk

Perencanaan proyek merupakan suatu penyelesaian perancangan dan pembuatan produk tercantum dalam spesifikasi, maka perlu dibuat jadwal

penyelesaian setiap fase dan langkah dalam proses perancangan dan pembuatan produk.

2. Tahapan Perancangan konsep produk

Konsep Produk adalah solusi – solusi alternatif dari masalah dalam bentuk skema. Masalah dalam hal ini adalah produk – baru, yang dipandang sebagai masalah perancangan yang memerlukan solusi. Fase perancangan ini menuntut semua kemampuan dan kreativitas perancang dan merupakan fase yang sangat memberi peluang yang mendapatkan solusi yang baru, baik dan original.

3. Tahapan Perancangan produk

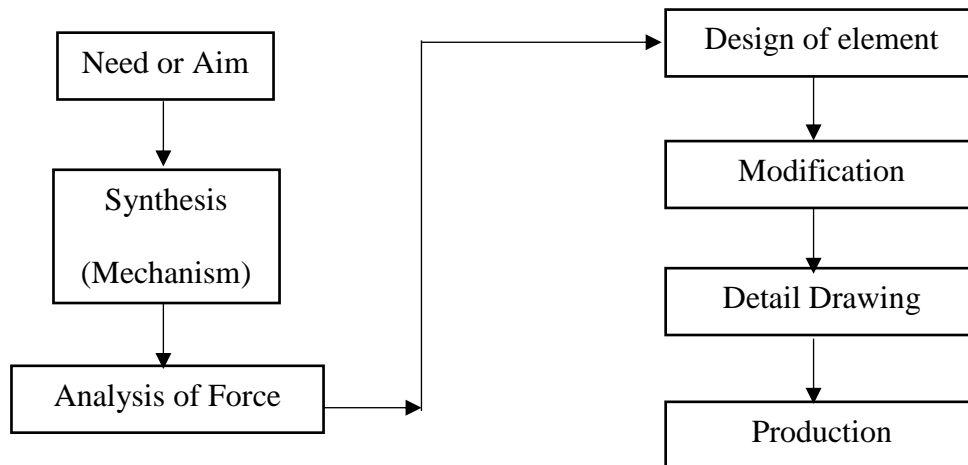
Tahapan perancangan produk terdiri dari beberapa langkah, tetapi pada intinya pada tahapan ini, solusi – solusi alternatif dalam bentuk skema dikembangkan lebih lanjut menjadi produk atau benda teknik yang bentuk, material, dan dimensi komponen – komponennya telah ditentukan. Tahapan perancangan produk diakhiri dengan perancangan detail komponen – komponen produk, yang kemudian dituangkan dalam gambar – gambar detail untuk proses pembuatan.

4. Tahapan Evaluasi Hasil Perancangan Produk

Untuk memudahkan evaluasi tersebut, maka dapat dibuat sebuah atau beberapa buah prototipe, yang secara fisik dapat diuji untuk mengetahui.

2.3.1 Prosedur Perancangan

Prosedur perancangan mesin ditunjukkan dalam flow chart berikut:



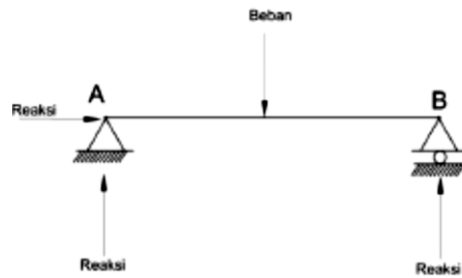
Gambar 2. 2 Flow chart prosedur perancangan

2.3 Analisis Gaya

Mekanika statika adalah ilmu yang mempelajari tentang suatu benda terhadap gaya – gaya dan juga beban yang terdapat pada bahan benda tersebut. Dalam statika keberadaan gaya – gaya yang mempengaruhi sistem menjadi suatu obyek tinjauan utama. Sedangkan dalam perhitungan kekuatan rangka, gaya – gaya yang diperhitungkan adalah gaya dalam dan gaya luar.

Jenis – jenis beban dapat dibagi menjadi :

1. Beban dinamis adalah beban yang besar atau arahnya berubah terhadap waktu.
2. Beban statis adalah beban yang besar atau arahnya tidak berubah terhadap waktu.
3. Beban terpusat adalah beban yang bekerja pada suatu titik.
4. Beban terbagi adalah beban yang terbagi merata sama pada setiap satuan luas.
5. Beban momen adalah hasil gaya dengan jarak antara gaya dengan titik yang ditinjau.
6. Beban torsi adalah beban akibat puntiran.



Gambar 2. 3 Prinsip statika Keseimbangan

2.3.1 Gaya Luar

Gaya luar adalah gaya yang diakibatkan beban yang berasal dari luar sistem yang pada umumnya menciptakan kestabilan konstruksi. Gaya luar dapat berupa gaya vertikal, horizontal, dan momen puntir. Pada persamaan statis tertentu untuk menghitung besarnya gaya yang bekerja harus memenuhi syarat dari kesetimbangan⁶.

$$\sum F = 0 \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\sum M = 0 \dots\dots\dots(2.2)$$

2.3.2 Gaya Dalam

Gaya dalam dapat dibedakan menjadi⁷:

- a. Gaya normal (normal force) adalah gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu batang.
- b. Gaya lintang/geser (shearing force) adalah gaya yang bekerja tegak lurus sumbu batang.
- c. Momen lentur (bending momen) adalah gaya yang timbul karena adanya jarak gaya terhadap titik tumpu. Persamaan kesetimbangannya adalah:
- d. Reaksi adalah gaya lawan yang timbul akibat adanya beban

⁶ Nasution, Ir Thamrin (Nasution, 2012), "STATIKA I" (Bandung: ITB, 2012), hal 3

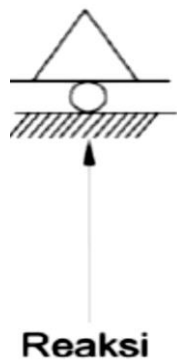
⁷ Ibid, hal 16

2.3.3 Tumpuan

Dalam ilmu statika, tumpuan dibagi atas⁸ :

1. Tumpuan rol/penghubung

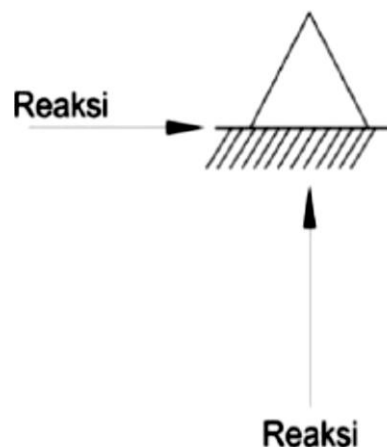
Tumpuan ini dapat menahan gaya pada arah tegak lurus penumpu, biasanya penumpu ini disimbolkan dengan :



Gambar 2. 4 Reaksi tumpuan rol

2. Tumpuan sendi

Tumpuan sendi adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dari arah sumbu x dan y.

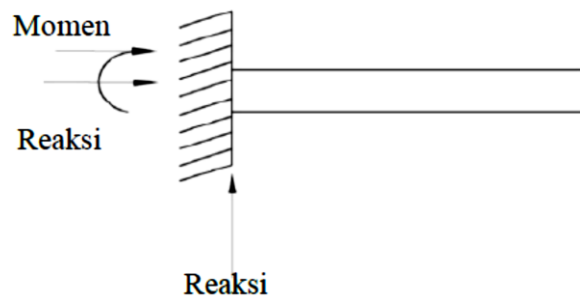


Gambar 2. 5 Reaksi tumpuan sendi

⁸ Ibid,hal 16

3. Tumpuan jepit

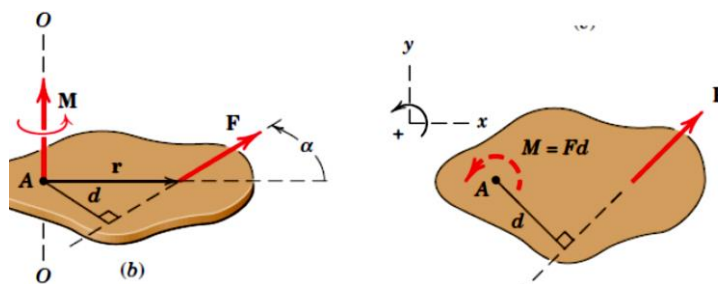
Tumpuan jepit adalah tumpuan yang dapat menahan gaya dalam segala arah dapat menahan momen.



Gambar 2. 6 Reaksi tumpuan jepit

2.4 Momen

Di samping cenderung untuk menggerakkan suatu benda pada arah bekerjanya, sebuah gaya cenderung untuk memutar suatu benda terhadap suatu sumbu. Sumbu ini dapat merupakan sembarang garis yang tidak berpotongan maupun sejajardengan garis kerja gaya tersebut. Kecenderungan untuk berotasi ini dikenal sebagai *momen* (M) dari gaya tersebut. *Momen* juga dikenal sebagai *puntiran* (*torque*)⁹. Dapat dilihat pada gambar 2.15



Gambar 2. 7 Momen

⁹ Darmadi, MT., Ir. Drajoj B *Diktat "STATIKA STRUKTUR I"* (Malang: Brajiwaya, 2003), hal 3

Momen adalah suatu vector M yang tegak lurus terhadap bidang benda. Arah M adalah tergantung pada arah berputarnya benda akibat gaya F . Momen M mengikuti semua kaidah penjumlahan vector dan dapat ditinjau sebagai vector geser dengan garis kerja yang berimpit dengan sumbu momen. Satuan dasar dari momen dalam satuan SI adalah newton-meter (Nm).

$$M = r \times F \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana :

M : Momen (N.m)

r : Jari-jari atau jarak antara pusat momen yang tegak lurus terhadap gaya tekan. (meter)

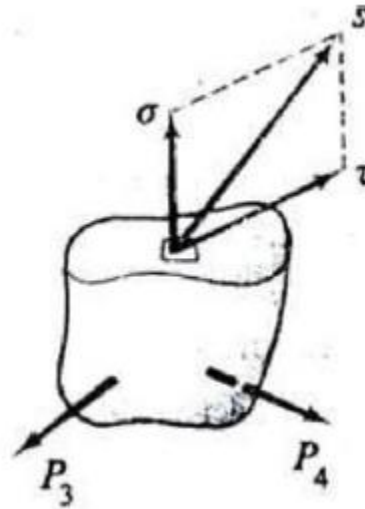
F : Gaya tekan (newton)

2.5 Analisa Kekuatan Material

2.5.1 Tegangan Normal (*Normal Stress*)

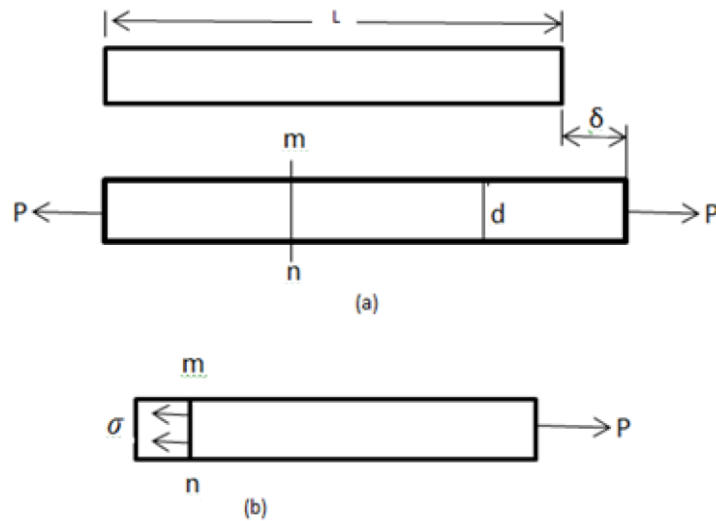
Gaya internal yang bekerja pada sebuah potongan dengan luasan yang sangat kecil akan bervariasi baik besarnya maupun arahnya. Pada umumnya gaya – gaya tersebut berubah – ubah dari suatu titik ke titik yang lain. Umumnya berarah miring pada bidang perpotongan. Dalam praktek keteknikan intensitas gaya diuraikan menjadi tegak lurus dan sejajar dengan irisan¹⁰, seperti terlihat pada Gambar 2.7

¹⁰ Ibid,hal 7



Gambar 2. 8 Komponen – komponen tegangan normal dan geser

Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap irisan yang mengalami tegangan, dan dilambangkan dengan σ (*sigma*). Bila gaya – gaya luar yang bekerja pada suatu batang sejajar terhadap sumbu utamanya dan potongan penampang batang tersebut konstan, tegangan internal yang dihasilkan adalah sejajar terhadap sumbu tersebut. Gaya – gaya seperti itu disebut gaya aksial, dan tegangan yang timbul dikenal sebagai tegangan aksial. konsep dasar dari tegangan dan regangan dapat diilustrasikan dengan meninjau sebuah batang prismatic yang dibebani gaya – gaya aksial (*axial forces*) P pada ujung –ujungnya. Sebuah batang prismatic adalah sebuah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya. Untuk menyelidiki tegangan – tegangan internal yang ditimbulkan gaya – gaya aksial dalam batang, dibuat suatu pemotongan garis potong pada irisan mn (Gambar 2.9). Irisan diambil tegak lurus sumbu longitudinal batang. Karena itu irisan dikenal sebagai suatu penampang (*cross section*).



Gambar 2. 9 Batang Prismatik Yang Dibebeani Gaya Aksial

Tegangan normal dapat terbentuk¹¹:

a. Tegangan Tarik (*Tensile Stress*)

Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang, dan akibatnya batang ini cenderung menjadi meragang atau bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.



Gambar 2. 10 Gaya tarik aksial

b. Tegangan Tekan (*Compressive Stress*)

Apabila sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu batang, akibatnya batang ini cenderung untuk mempendek atau menekan batang tersebut. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

¹¹ Hutahaean, MT., Ir. Yamses Rohanes *Mekanika Kekuatan Material* (Yogyakarta: Garha Ilmu, 2014), hal 3



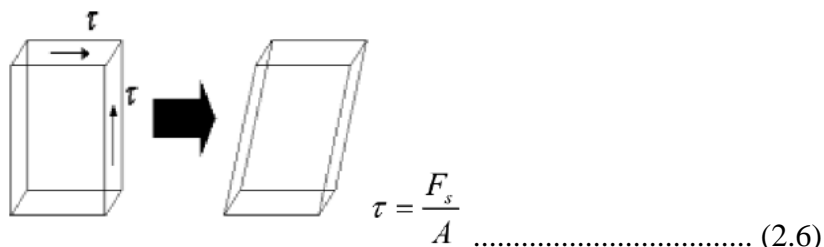
Gambar 2.12 Gaya tekan aksial

Intensitas gaya (yakni, gaya per satuan luas) disebut tegangan (*stress*) dan lazimnya ditunjukkan dengan huruf Yunani σ (*sigma*). Dengan menganggap bahwa tegangan terdistribusi secara merata pada seluruh penampang batang, maka resultannya sama dengan intensitas σ kali luas penampang A dari batang. Selanjutnya, dari kesetimbangan benda yang diperlihatkan pada Gambar 2.13, besar resultan gayanya sama dengan beban P yang dikenakan, tetapi arahnya berlawanan. Sehingga diperoleh rumus.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad \text{Dimana,} \quad \begin{array}{l} \sigma = \text{Tegangan (N/m}^2\text{)} \\ P = \text{Gaya aksial (N)} \\ A = \text{Luas (m}^2\text{)} \end{array} \quad \dots\dots\dots (2.5)$$

c. Tegangan Geser (*Shearing Stress*)

Tegangan geser adalah intensitas gaya yang bekerja sejajar dengan bidang dari luas permukaan, dilambangkan dengan τ (Tau)¹².



Gambar 2.13 Batang mengalami tegangan geser

¹² Ibid,hal 7

d. *Von Mises Stress*

Teori kegagalan ini diperkenalkan oleh Huber (1904) dan kemudian disempurnakan melalui kontribusi Von Mises dan Hencky. Teori ini menyatakan bahwa "Kegagalan diprediksi terjadi pada keadaan tegangan multiaksial bilamana energi distorsi per unit volume sama atau lebih besar dari energi distorsi per unit volume pada saat terjadinya kegagalan dalam pengujian tegangan uniaksial sederhana terhadap spesimen dari material yang sama" Energi regangan akibat distorsi (berkaitan dengan perubahan bentuk) per unit volume, U_d adalah energi regangan total per unit volume, U dikurangi energi regangan akibat beban hidrostatik (berkaitan dengan perubahan volume) per unit volume, U_h

$$U_d = U - U_h \dots\dots\dots 5.1$$

Tegangan efektif Von Mises (σ') didefinisikan sebagai tegangan tarik uniaksial yang dapat menghasilkan energi distorsi yang sama dengan yang dihasilkan oleh kombinasi tegangan yang bekerja.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - \sigma_1\sigma_2 - \sigma_2\sigma_3 - \sigma_1\sigma_3}$$

Atau:

$$\sigma' = \sqrt{\frac{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}{2}}$$

Untuk kasus dua

dimensi ($\sigma_z = 0$)

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_3 + \sigma_3^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau_{xy}^2}$$

2.6 *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 dalam 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, pendekatan matematis tidak terlalu ditekankan. Meski demikian, mengingat pentingnya, ilustrasi persamaan antara *FEM* dan diferensial - integral (kalkulus), gambaran besar cara kerja *FEM*. Secara umum langkah - langkah dalam *FEM* bisa diringkas sebagai berikut:

1. Membagi obyek analisa ke dalam elemen - elemen kecil.
2. Melakukan per an sederhana yang berlaku untuk setiap elemen. Misalnya di kan sebagai pegas, di mana pegas ini sifatnya sederhana, yaitu tegangan berbanding lurus dengan perubahan bentuknya.

3. 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.
4. Mengkombinasikan seluruh elemen dan membuat persamaan simulasi yang mencakup semua variabel. Untuk elemen yang di kan 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 global¹³.

2.7 Faktor keamanan (Safety Factor)

Faktor Keamanan (*Safety factor*) adalah faktor yang digunakan untuk ménevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum.

Secara umum *Safety factor* dapat didefinisikan sebagai rasio tegangan maksimum dibagi tegangan kerja. Secara matetis:

$$Factor\ of\ safety = \frac{Maximum\ stress}{Working\ or\ design\ stress} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dalam kasus seperti pada baja ringan yang berbahan ulet , di mana memiliki *Yield strength* atau tegangan luluh yang jelas, faktor keamanan keamanan dapat dihitung dengan rumus seperti ini:

$$Factor\ of\ safety = \frac{Yield\ point\ stress}{Working\ or\ design\ stress} \dots\dots\dots (2.11)$$

¹³ Infometrik, <http://www.infometrik.com/2009/07/konsep-dasar-finite-element-method/> diakses pada tanggal 5 Juni 2016.

Dalam kasus material bahan besi cor yang rapuh , hasil dari uji tegangan tidak menunjukkan hasil tegangan luluh yang pasti .Oleh karena itu , faktor keselamatan dari bahan ini di dasarkan pada tegangan puncak atau tegangan ultimate.

$$Factor\ of\ safety = \frac{Ultimate\ stress}{Working\ or\ design\ stress} \dots\dots\dots (2.12)$$

Hubungan ini juga dapat digunakan untuk bahan ulet. Hubungan di atas untuk faktor keamanan dengan pembebanan statis¹⁴.

2.8 Pemilihan Faktor Keamanan

Pemilihan faktor keamanan untuk digunakan dalam merancang setiap komponen mesin tergantung pada beberapa pertimbangan, seperti jenis material yang digunakan, proses pembuatan, pembebanan, kondisi dilapangan dan bentuk dari komponen. Sebelum memilih faktor keselamatan, seorang design enginner harus mempertimbangkan poin-poin berikut:

1. Kekuatan material dan perubahan bentuk material saat pembebanan;
2. Keakuratan hasil uji kekuatan bahan dan penerapannya terhadap komponen yang akan dibuat;
3. Ketangguhan bahan dalam menerima beban;
4. Ketahanan saat kegagalan pembebanan;
5. Penyederhanakan asumsi;
6. Besar area yang terkena pembebanan;
7. Tingkat keamanan dalam menahan beban saat pembuatan;
8. Ketahanan terhadap kerusakan bahan saat kegagalan pembebanan; dan
9. Ketahanan terhadap perubahan bentuk saat terjadi kegagalan pembebanan

¹⁴ Hutahaean,MT.,Ir. Yamses Rohanes *Mekanika Kekuatan Material* (Yogyakarta:Garha ilmu,2014),hal 25

Masing-masing faktor di atas harus benar-benar dipertimbangkan dan dievaluasi. Tingginya faktor keamanan dapat mengakibatkan kegagalan pembebanan yang tidak diperlukan¹⁵.

2.9 Autodesk Inventor

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

¹⁵ Ibid, hal 25

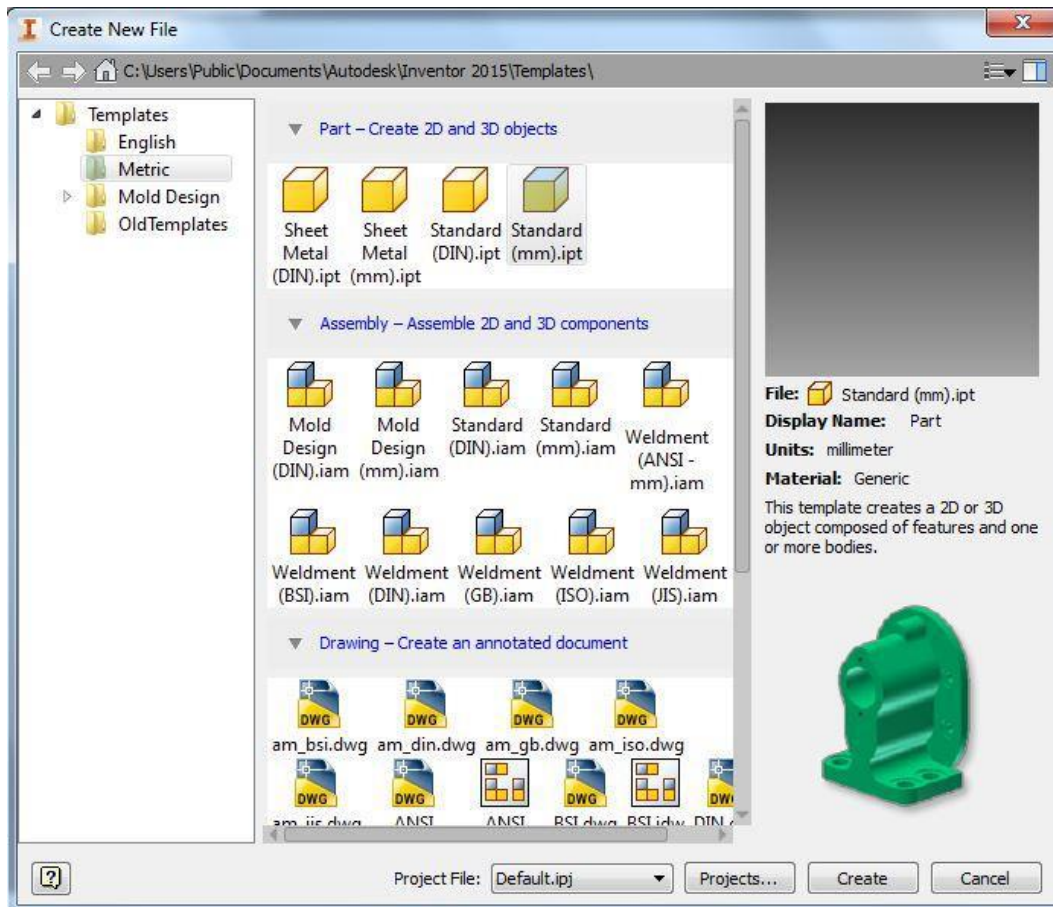
rancangannya. Pengguna dapat mengambil komponen seperti baut, *bearing*, *seal*, dan lain-lain dari *content center*.

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.

2.9.1 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. 11. New file Autodesk Inventor 2015

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

a. *Standard (.IPT)*

Standard.ipt adalah *template* yang digunakan untuk membuat 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 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

3D.

b. *Standard (.IAM)*

Standard.iam adalah *template* yang berfungsi untuk menyusun komponen-komponen yang dihasilkan oleh *template* ipt menjadi sebuah 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* ing.

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 3D, baik itu *part*, *assembly*, maupun *exploded*, menjadi gambar pandangan. Di sinilah terminal dari seluruh

pekerjaan gambar yang dilakukan, di mana 3D akan diubah menjadi gambar kerja dan siap untuk dilakukan pencetakan.

2.10 *Stress Analysis*¹⁶

Stress Analysis merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menganalisis kekuatan. Alat ini cukup mudah digunakan dan dapat membantu untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang harus dikeluarkan akan berkurang, *time to market* dari benda yang desain pun dapat dipercepat karena sudah mensimulasikan benda desain di komputer terlebih dahulu 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 diberikan benar-benar mewakili material yang akan digunakan. 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* menggunakan *linear static Analysis* berdasarkan *Finite Element Method* (FEM), untuk menghitung *stress*.

¹⁶ Syaiful A. B Alchazin, Modul Training Autodesk Inventor 2012, (Bogor: LAPAN, 2011), h. 53

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pembuatan dan pengujian prototipe akan dilaksanakan Lab. Perancangan Prodi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur. Dalam rentang waktu bulan Februari – Juni 2016

3.2 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam perancangan dan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan peneliti adalah sebagai berikut :

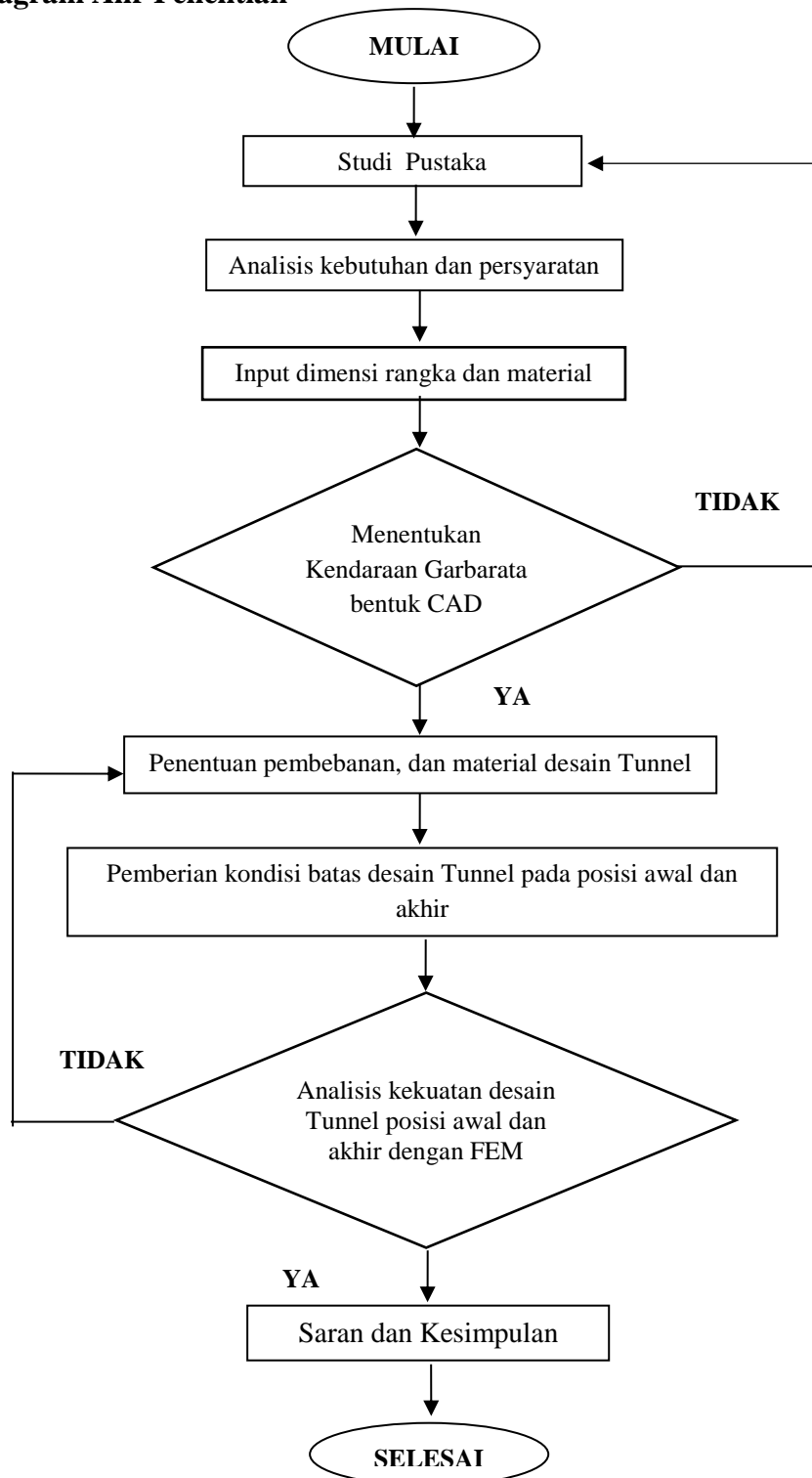
- 1 *Microsoft Office Word 2013*
- 2 *AutoCad 2007*
- 3 *SolidWork 2014*

2. Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Komputer
2. Buku yang digunakan sebagai referensi
3. Jurnal terkait bandar udara dan Garbarata
4. Laporan penelitian terkait bandar udara dan Garbarata
5. Kalkulator
6. Alat tulis

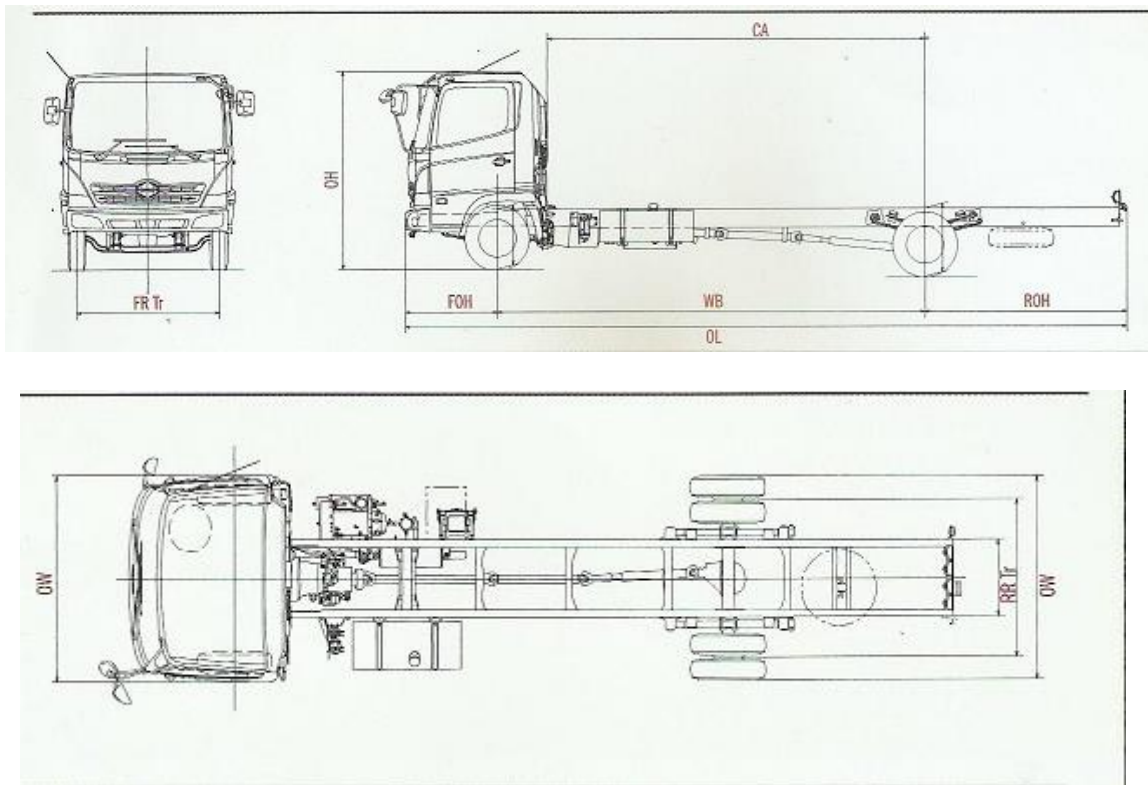
3.3 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian posisi awal

Dari diagram alir diatas, dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Penentuan spesifikasi truk kendaraan garbarata



Gambar 3. 2 Dimensi truk untuk kendaraan garbarata

Dimensi (mm)

Jarak Sumbu Roda (WB) : 5.605

Total Panjang (OL) : 9.800

Total Lebar(OW) : 2450

Total Tinggi (OH) : 2685

Lebar Jejak Depan (FR Tr) : 1.920

Lebar Jejak Belakang (RR Tr): 1.845

Julur Depan (FOH): 1.205

Berat Chassis (kg)

Depan : 2.080

Belakang : 1.235

Berat kosong:

GVWR / GCWR : 10.400

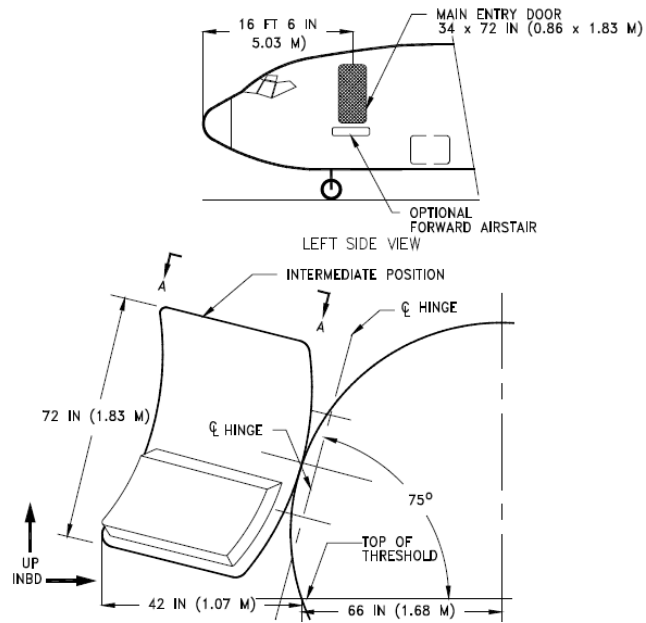
Roda & Ban

Ukuran Rim : 16 x 6,0GS - 135

Ukuran Ban : 8,25 - 16 - 14PR

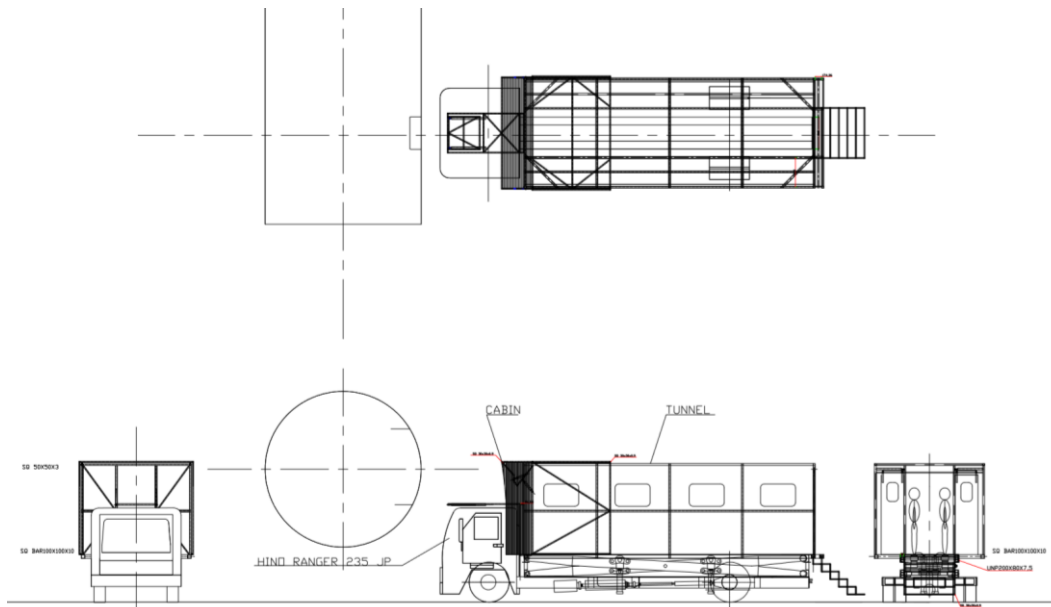
Julur Belakang (ROH): 2.089

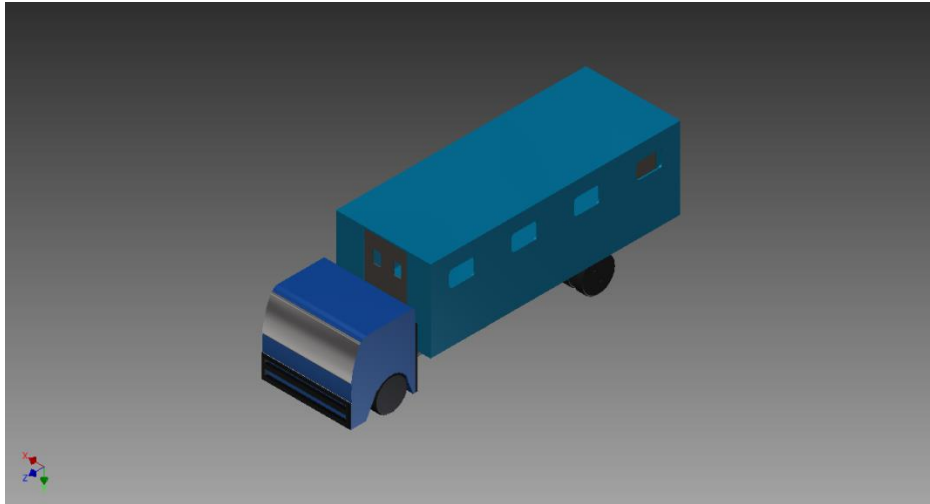
Jumlah Ban : 6(+1)



Gambar 3. 3 Ukuran pintu pesawat

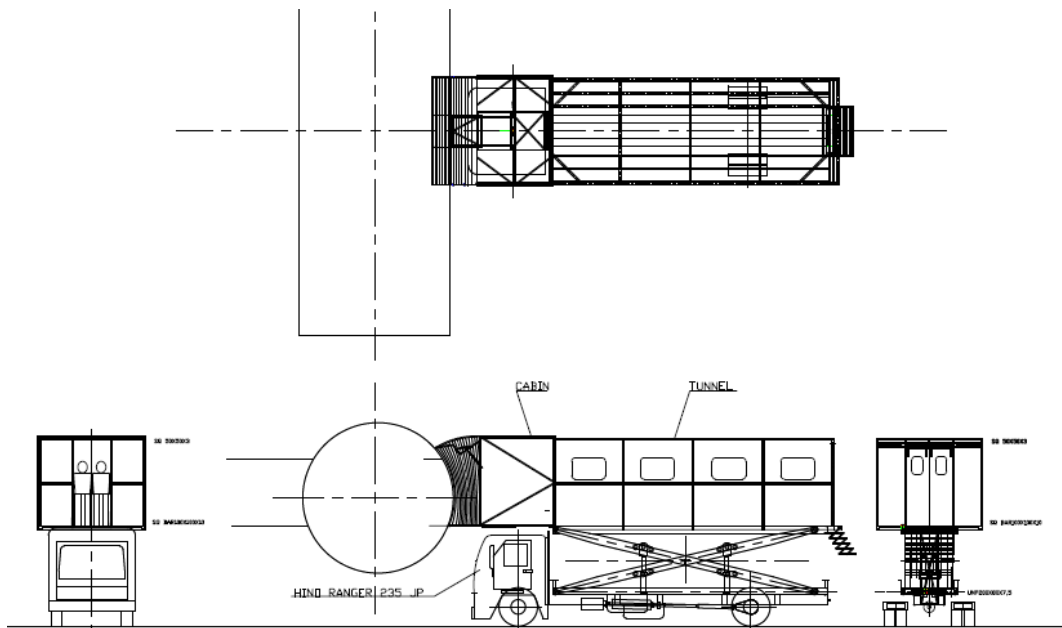
Posisi Awal Kendaraan Garbarata

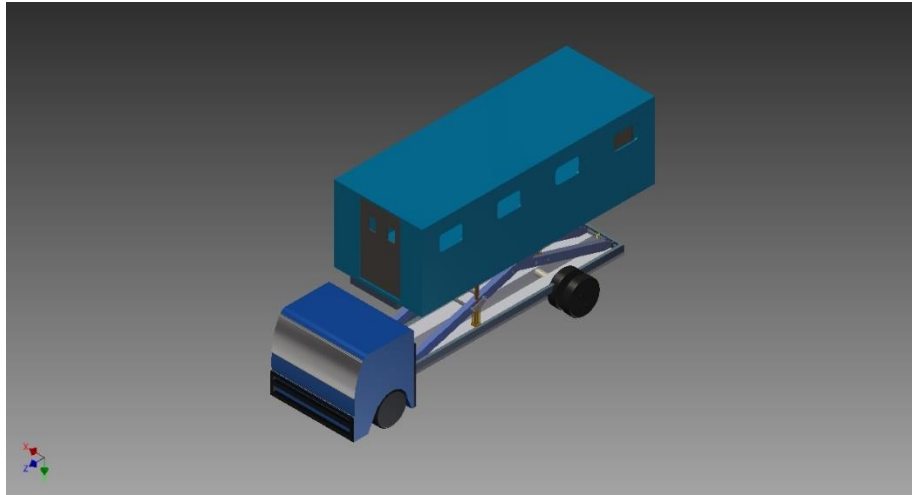




Gambar 3. 4 Posisi Awal Kendaraan Garbarata

Posisi Naik Kendaraan Garbarata





Gambar 3. 5 posisi naik Kendaraan Garbarata

Tunnel

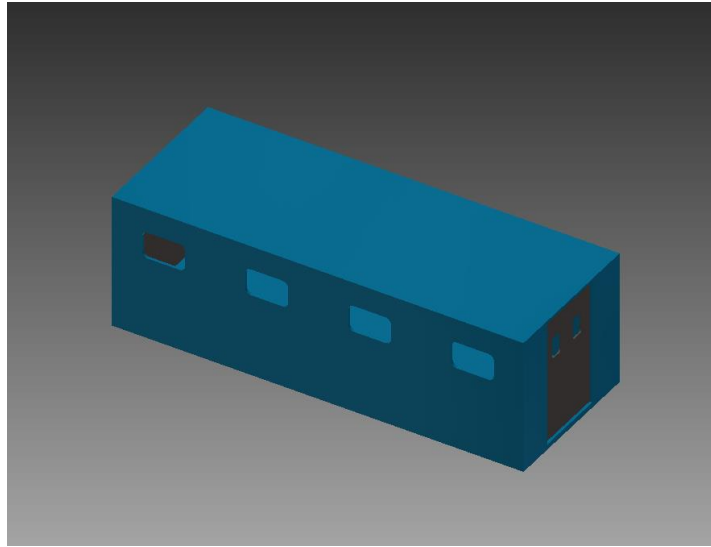
Tunnel pada kendaraan garbarata berfungsi sebagai penyambung rotunda yang nantinya akan dihubungkan ke pintu pesawat dan juga sebagai tempat peristirahatan sementara berupa tempat duduk. Tunnel ini akan di hubungkan pada bagian platfrom pada scissor lift yang nantinya akan di jalankan mobil dari bandara untuk menuju ke pintu pesawat boeing 737.

Perancangan Tunnel pada kendaraan Garbarata

1. Penentuan dimensi Tunnel kendaraan Garbarata

Penentuan ukuran Tunnel pada kendaraan Garbarata ditentukan menggunakan ukuran mobil truk Hino ranger 235 jp dan ukuran pintu pesawat boeing 737 series 300,400. Untuk ukuran dan bentuk tunnel, peneliti menentukan dengan merancang Tunnelnya sesuai bentuk truk Hino Ranger 235 jp ukuran pintu pesawat boeing 737 series 300, 400.

Maka dihasilkan rangka Tunnel dari ukuran mobil Fuso FN 617 dan ukuran pintu pesawat boeing 737 series 300,400



Gambar 3. 6 Tunnel kendaraan Garbarata

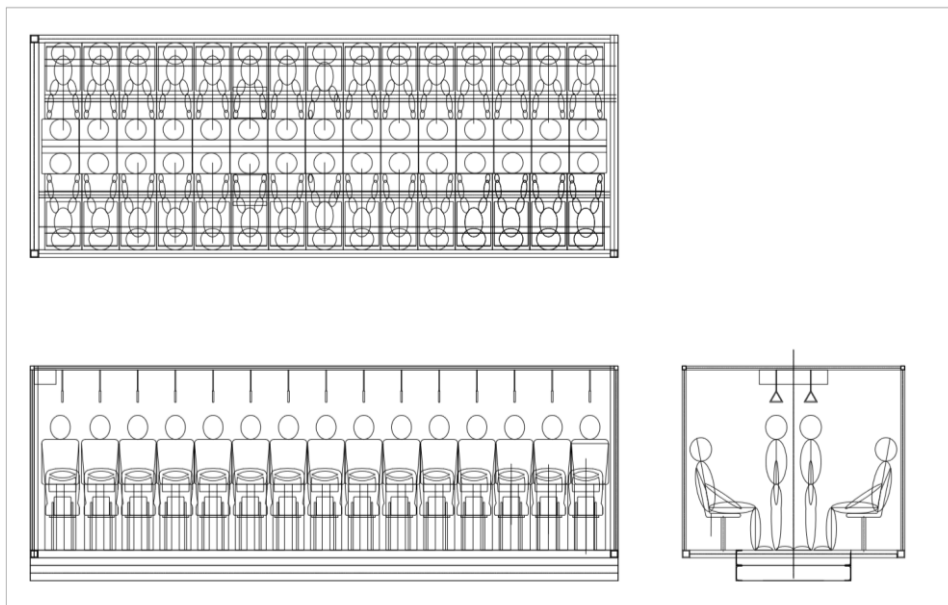
Dimensi Tunnel kendaraan Garbarata :

Panjang :7660 mm

Lebar :2900 mm

Tinggi :2500 mm

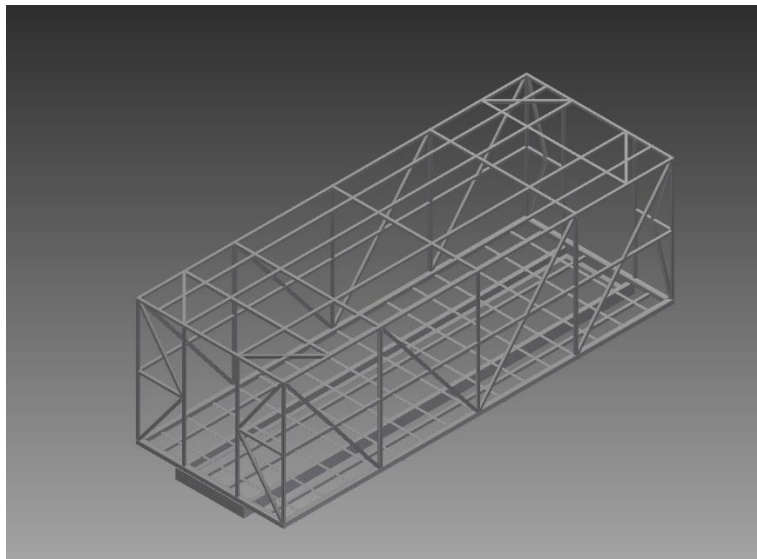
Pemberian pembebanan tunnel pada kendaraan Garbarata



Gambar 3. 7 Pemberian Pembebanan pada Tunnel

2. Proses perancangan Tunnel pada kendaraan Garbarata

Untuk Program yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autodesk Inventor 2015* dan *Autocad 2007*. Dimana, setelah ditentukan dimensi Hino Ranger 235 jp dilakukan proses perhitungan gaya-gaya dan geometri komponen-komponen lalu hasil dari perhitungan diimplementasikan dalam bentuk desain pada program *Autodesk Inventor 2015* sesuai ukuran tersebut. Kemudian dilakukan analisis gaya di program *Autodesk Inventor 2015* yang bertujuan untuk memastikan geometri dari komponen-komponen sudah sesuai dan sudah layak untuk maju ketahap selanjutnya yaitu pembuatan.



Gambar 3. 8 Rangka Tunnel Garbarata

3.4 Teknik dan Prosedur pengumpulan data

Dalam pengumpulan data, penulis menggunakan beberapa metode yang dapat membantu dalam penelitian ini, yaitu sebagai berikut :

1. Kajian Pustaka

Penulis melakukan studi literatur dari buku, jurnal dan sumber lain yang berhubungan dengan penentuan dimensi pesawat, truck dan mekanisme Garbarata

2. Simulasi

Penulis juga menggunakan metode simulasi, metode simulasi yang penulis gunakan adalah simulasi berbasis metode elemen hingga, dimana penulis merancang berbagai pe an dan analisis Tunnel dan Tunnel pada program *SolidWork* 2014 agar mendapatkan ukuran dan kekuatan yang sesuai.

3.4.1 Persyaratan Perancangan rangka Tunnel pada kendaraan Garbarata

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

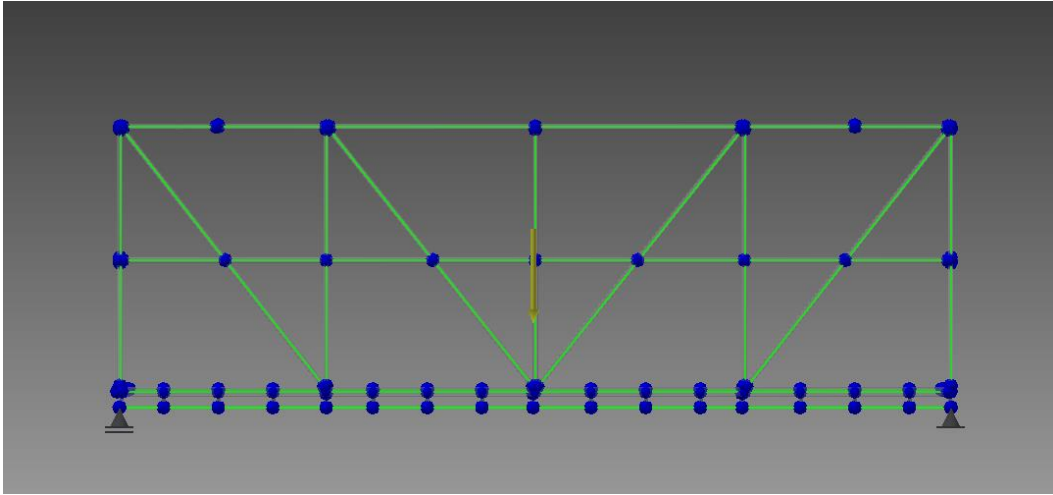
DAFTAR SPESIFIKASI PERENCANAAN KENDARAAN GARBARATA	
<i>Demands or Wishes</i>	Persyaratan
	Geometri
	Dimensi Tunnel pada kendaraan Garbarata
D	Panjang rangka Tunnel = 7660 mm
D	Lebar rangka Tunnel = 2900 mm
D	Tinggi Rangka Tunnel = 2500 mm
W	Berat ± 1720 kg
	Gaya
D	Penumpang yang memenuhi tunnel berjumlah 60 orang dan jumlah kursi 30 buah. Berat penumpang = ± 85 kg dan berat kursi = ± 16 kg. Jadi rangka tunnel seberat 7800 kgf dengan gravitasinya 9,81 m/s ²
D	Gaya yang terjadi adalah $F = m \times g = 7800 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$ = 76518 N
	Gaya Angin
D	$F_d = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2$ $F_d = \frac{1}{2} \times 1,164388 \times 1,15 \times 19,15 \times 4,167^2$ $F_d = 222,6288 \text{ N}$
	Berat Total = 76518 + 222,6288 = 76740,6288 N
	W desain = Berat Total x Fc

	<p>W desain = $7674,6288 \times 1,25$</p> <p>W desain = 95925,786 N</p> <p>Komponen</p> <p>Rangka mampu menahan beban yang diberikan</p> <p>Tunnel mampu bergerak naik turun</p> <p>Mudah untuk melakukan <i>Maintenance</i></p>
--	--

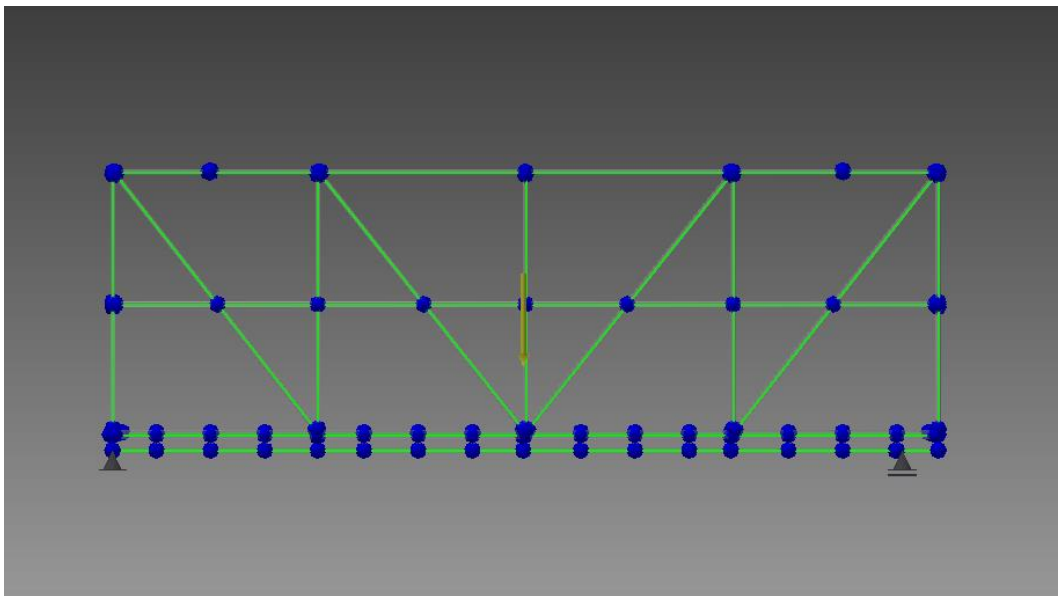
3.5 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah membuat desain rangka Tunnel pada kendaraan Garbarata yang akan digunakan sebagai penelitian. Selanjutnya menentukan susunan letak kondisi batas, beban dan material pada rangka Tunnel. Selanjutnya, dilakukan analisis statik dengan memberikan pembebanan maksimal sebesar 76518 N agar mendapatkan nilai *von misess*, *displacemement* dan *safety factor* rangka Tunnel. Dalam hal ini dilakukan analisa dengan bantuan program (*software Autodesk Inventor 2015*) yang ada di komputer untuk memperoleh hasil dari penelitian. Beberapa tahapan analisa sebagai berikut:

- Menentukan kondisi batas pada rangka Tunnel

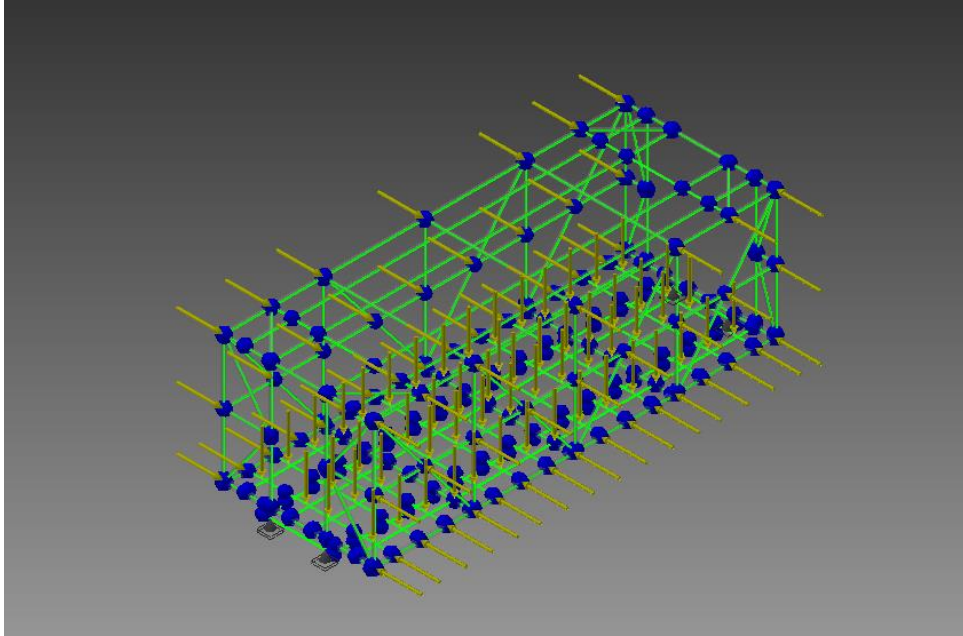


Gambar 3. 9 *Constrains* Posisi Awal

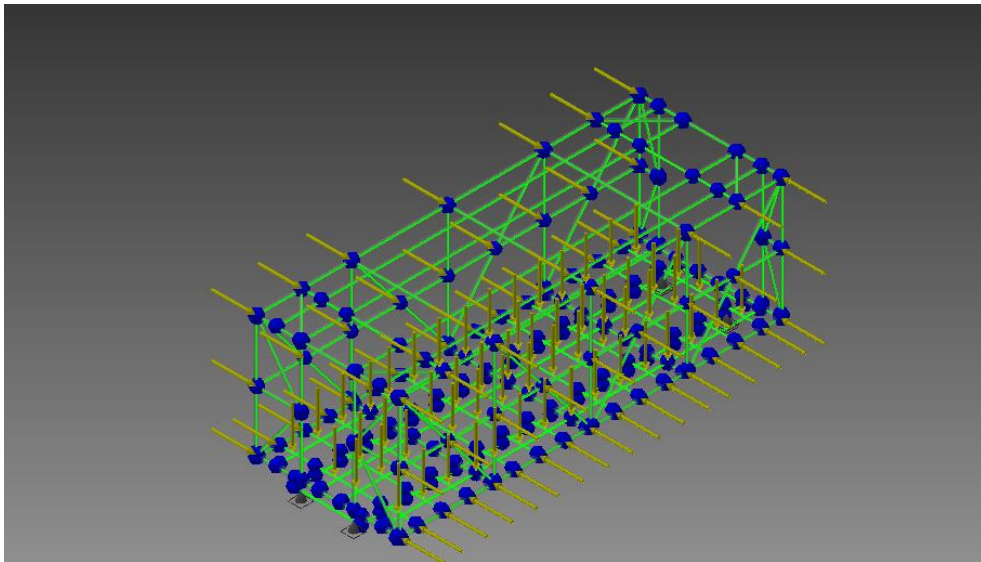


Gambar 3. 10 *Constrains* Posisi Akhir

- Menentukan pembebanan yang diberikan pada rangka Tunnel



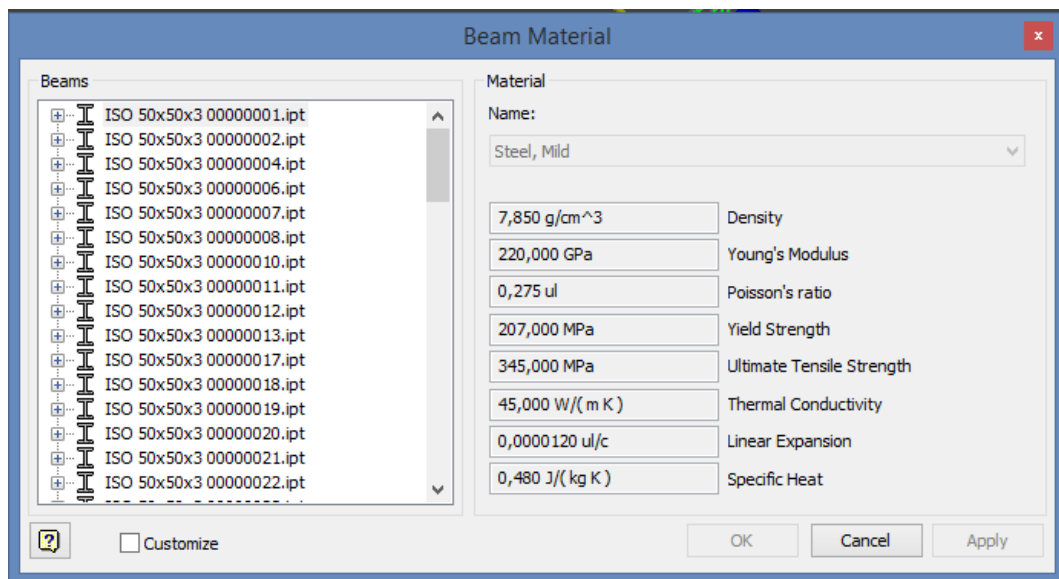
Gambar 3. 11 letak gaya pada rangka Tunnel Posisi Awal



Gambar 3. 12 letak gaya pada rangka Tunnel Posisi Awal

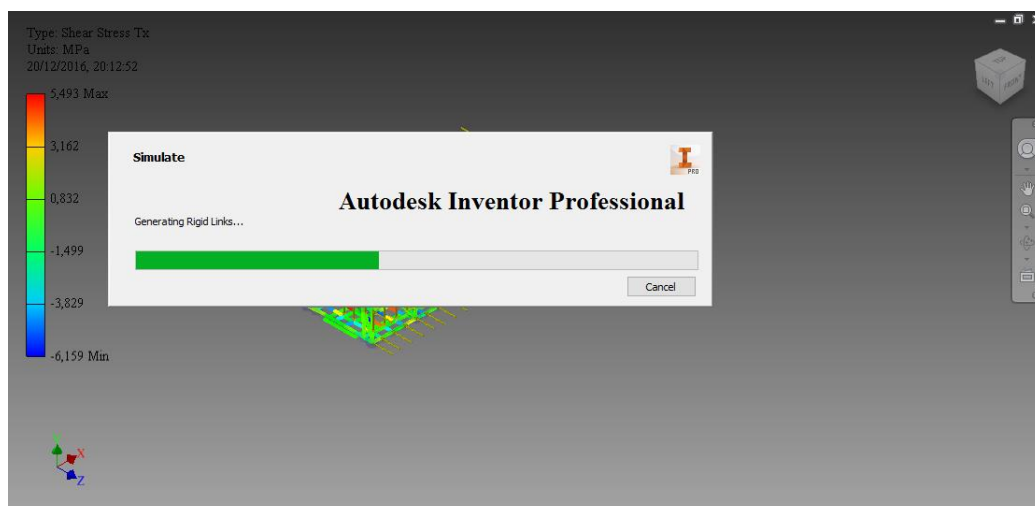
-

- Menentukan jenis material rangka Tunnel



Gambar 3. 13 Spesifikasi Material

- Run simulation pada rangka kendaraan Garbarata



Gambar 2. 12 Run simulation rangka tunnel

BAB IV

HASIL PERANCANGAN

4.1 Desain

Pada bab ini, akan membahas hasil penelitian mengenai gaya yang terjadi akibat beban penumpang yang diterima rangka dan gaya gravitasi ke bawah menyebabkan gaya tekan terhadap rangka tunnel. Sehingga disini didapat struktur terbaik yang memiliki *safety factor*, *stress*, dan *displacement* terbaik yang bisa diimplementasikan ke dunia nyata.

Dalam visualisasi menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan perangkat lunak *Autodesk Inventor 2015*, ada beberapa asumsi yang diberikan seperti yang dijelaskan dibawah ini :

- Komponen *plat* pada simulasi tidak disertakan, karena akan mengganggu hasil pengujian.
- Gaya tekan yang terjadi akibat beban yang diterima oleh rangka digambarkan dengan tanda panah ke bawah, karena gaya tersebut terjadi di setiap permukaan.

4.2 Analisis Data Penelitian

Berikut hasil dari analisis beban statis yang diterima ditampilkan dalam tabel:

Tabel 4. 1 Data Rangka Tunnel

Data	
<i>Mass</i>	1711,995 kg
<i>Volume</i>	221458,293 mm ³
<i>Mass Density</i>	7,850 g/cm ³
<i>Yield Strength</i>	207,000 MPa

<i>Tensile Strength</i>	345,000 MPa
-------------------------	-------------

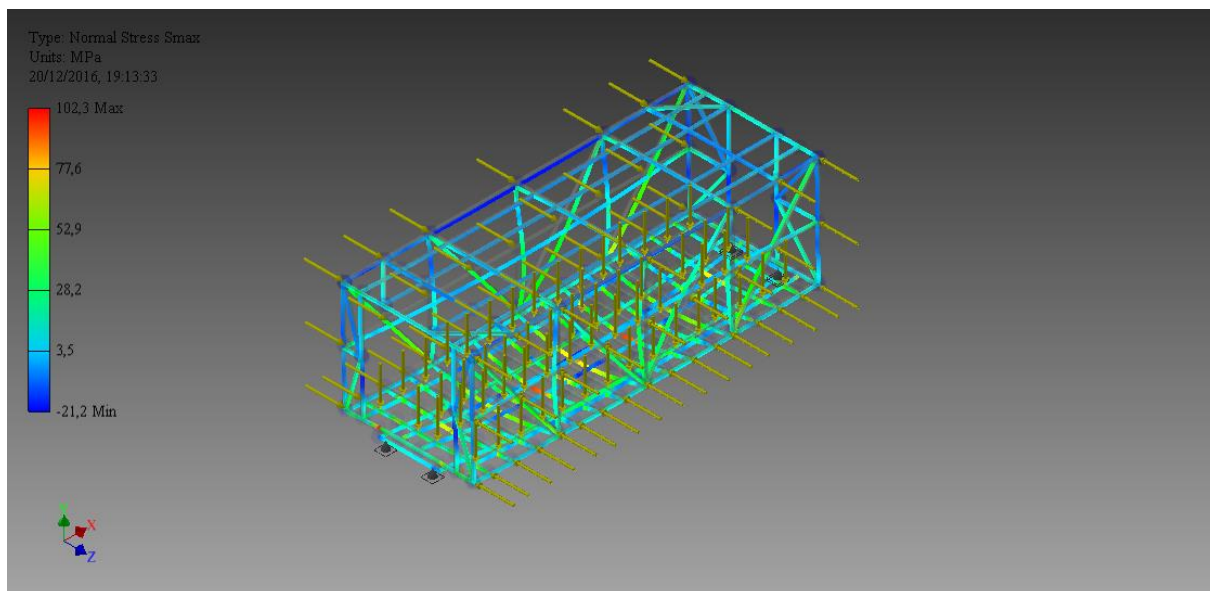
Tabel 4. 2 Hasil pemberian pembebanan posisi awal tunnel

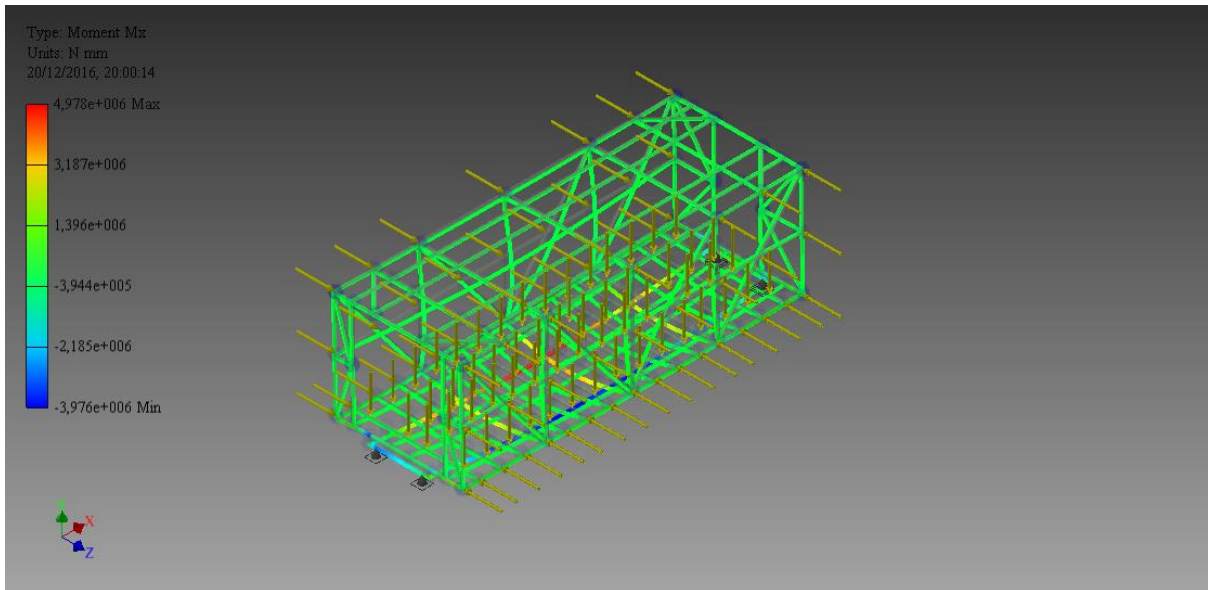
Nama	Minimum	Maksimal
<i>Normal Stress</i>	-21,216 MPa	102,321 MPa
<i>Moments</i>	-3975955,061 N mm	4977955,244 N mm
<i>Displacement</i>	0 mm	7,741 mm
<i>Safety factor</i>	2,023	

$$\text{Factor of safety} = \frac{\text{Yield point stress}}{\text{Working or design stress}}$$

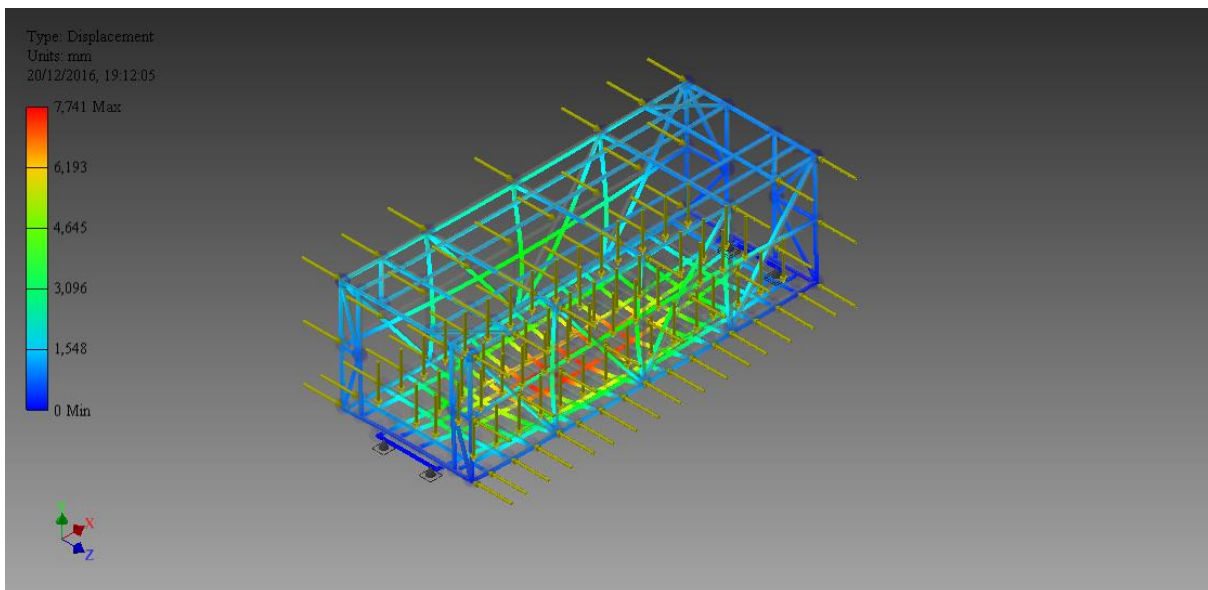
$$\text{Factor of safety} = \frac{207 \text{ MPa}}{102,321 \text{ MPa}}$$

$$\text{Factor of safety} = 2,023$$

Gambar 4. 1 *Normal Stress* rangka tunnel



Gambar 4. 2 *Moment* rangka tunnel



Gambar 4. 3 *Displacement* rangka tunnel

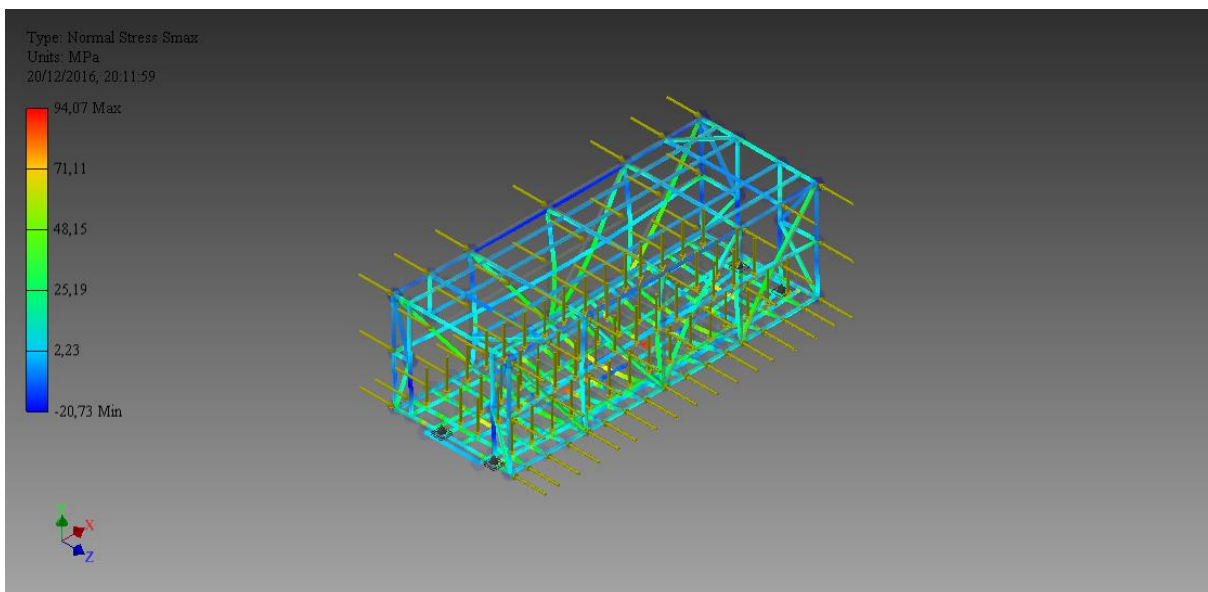
Tabel 4. 3 Hasil pemberian pembebanan posisi akhir tunnel

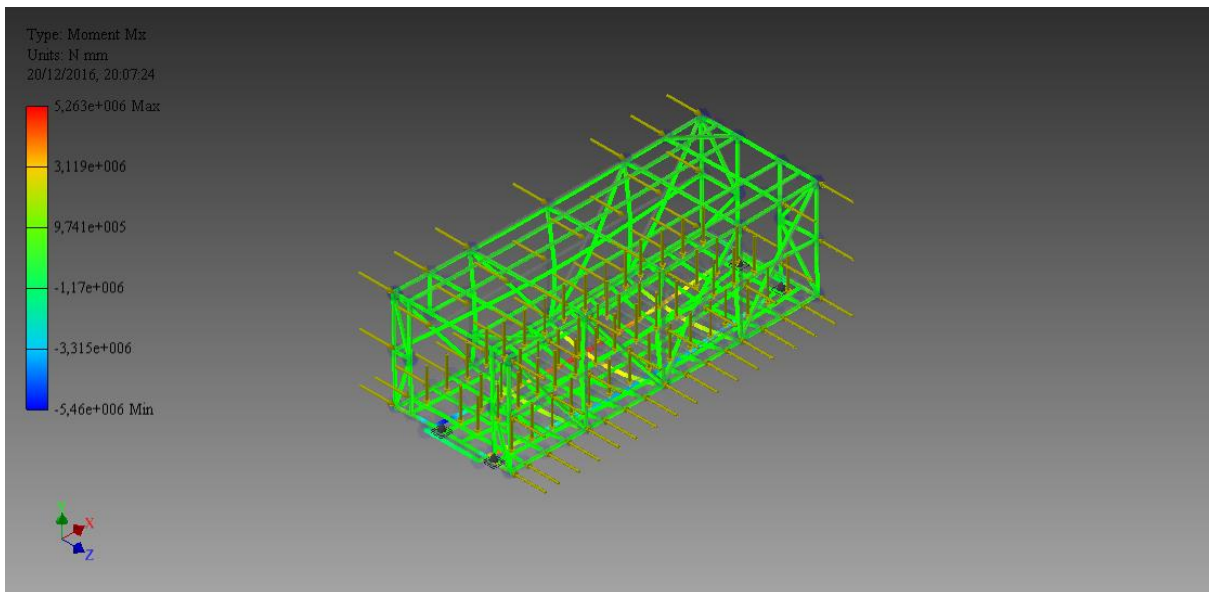
Nama	Minimum	Maksimal
<i>Normal Stress</i>	-20,727 MPa	94,072 MPa
<i>Moments</i>	-5459613,810 N mm	5263281,197 N mm
<i>Displacement</i>	0 mm	6,558 mm
<i>Safety factor</i>	2,20	

$$\text{Factor of safety} = \frac{\text{Yield point stress}}{\text{Working or design stress}}$$

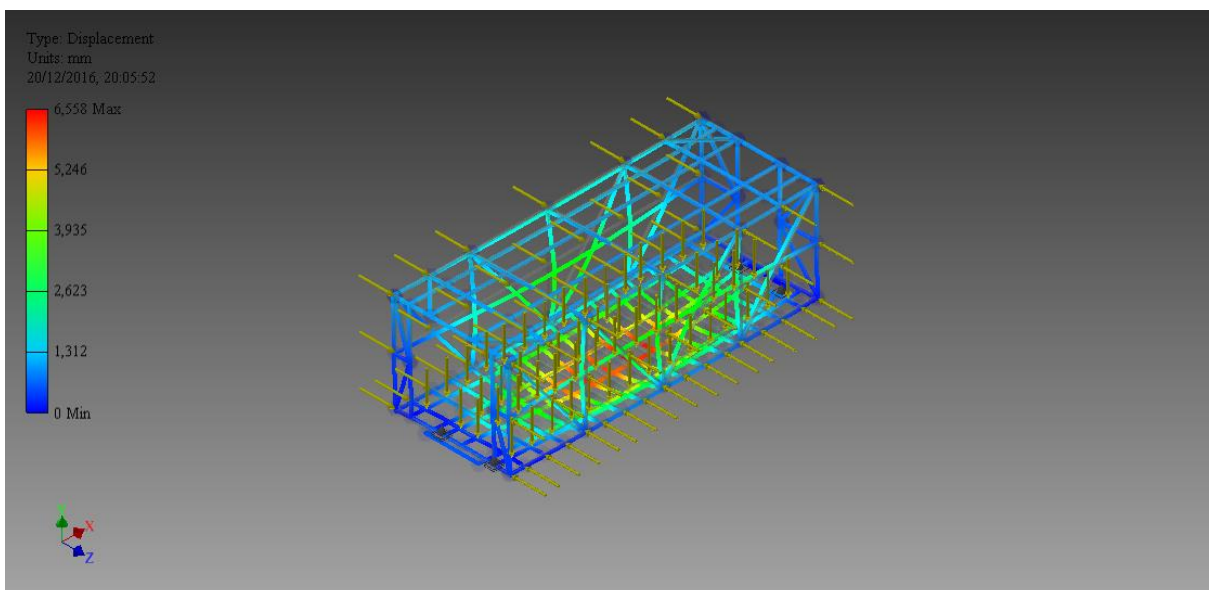
$$\text{Factor of safety} = \frac{207 \text{ MPa}}{94,072 \text{ MPa}}$$

$$\text{Factor of safety} = 2,023$$

Gambar 4. 4 *Normal Stress* rangka tunnel



Gambar 4. 5 Moment rangka tunnel



Gambar 4. 6 Displacement rangka tunnel

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap Tunnel pada kendaraan Garbarata, maka didapat saran dan kesimpulannya sebagai berikut :

5.1 Kesimpulan

Dari simulasi yang telah dilakukan terhadap Tunnel pada kendaraan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Menghasilkan perancangan Tunnel pada kendaraan Garbarata di *Autodesk Inventor 2015* sesuai dengan dimensi rangka Tunnel panjang 7660 mm, lebar 2900 mm dan Tinggi 2500 mm
2. Rangka Tunnel mampu membawa penumpang dengan jumlah 60 orang dengan beban sebesar 4800 N.
3. *Safety factor* yang diperoleh dari rangka tunnel posisi awal sebesar 2,03 dan rangka tunnel posisi akhir sebesar 2,20.

5.2 Saran

Dengan pengalaman dari penelitian ini, adapun saran yang diajukan penulis kepada penelitian kendaraan Garbarata, sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lanjutan, diperlukan penelitian terkait analisis struktur dari scissor lift untuk mengangkat Tunnel kendaraan Garbarata. Baik meliputi analisa perhitungan batang scissor maupun elemen mesin lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian eksperimen berupa pembuatan dan pengujian Tunnel dan Tunnel pada kendaraan Garbarata, sehingga dapat menjadi pembanding antara penelitian dari hasil komputasi dengan hasil pengujian eksperimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alchazin, S. A. (2011). *Modul Training Autodesk Inventor 2012*. Bogor: LAPAN.
- Apri, W. (2014). *Desain dan Analisis Konfigurasi Geometri Turbin Angin Savonius Darrieus Terhadap Momen, Force, dan Daya* . 22.
- D, j. (2004). *biblio*. Jakarta, bandung: works.
- Dahlan, P. (2012). *Elemen Mesin 1*. Jakarta: Citra Harta Prima.
- Handoyo Singgih, Sudibyo Dudi. (2011). *AVIAPEDIA Ensiklopedia Umum Penerbangan*. Jakarta: Kompas.
- Ir. Drajat B Darmadi, M. (2003). *STATIKA STRUKTUR 1*. Malang: Brawijaya.
- Ir. Yamses Rohanes Hutahaean, M. (2014). *Mekanika Kekuatan Material*. Yogyakarta: Graha ilmu.
- ken, H. (2006). *Prinsip - prinsip Dasar Teknik*. Jakarta: Elangga.
- kramer. (2006). *write*. Jakarta: works.
- Nasution, I. (2012). *STATIKA 1*. Bandung: ITB.
- Rudenko, N. (1996). *Mesin Pengakat*. Jakarta: Erlangga.
- Sato, G. T., & Hartanto, N. S. (2005). *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- semuel, P. (2016, mei). *Garbarata (passenger boarding bridge)*. Diambil kembali dari www.gloopic.net: www.gloopic.net/article/Garbarata-passenger-boarding-bridge
- Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.

LAMPIRAN

Material

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,850 g/cm ³
	Yield Strength	207,000 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345,000 MPa
Stress	Young's Modulus	220,000 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul

Cross section

Geometry Properties	Section Area (A)	540,823 mm ²
	Section Width	50,000 mm
	Section Height	50,000 mm
	Section Centroid (x)	25,000 mm
	Section Centroid (y)	25,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I _x)	194671,362 mm ⁴
	Moment of Inertia (I _y)	194671,362 mm ⁴
	Torsional Rigidity Modulus (J)	321000,000 mm ⁴
	Section Modulus (W _x)	7786,854 mm ³
	Section Modulus (W _y)	7786,854 mm ³
	Torsional Section Modulus (W _z)	11800,000 mm ³
	Reduced Shear Area (A _x)	248,844 mm ²
	Reduced Shear Area (A _y)	248,844 mm ²

Force

Load Type	Force
Magnitude	960,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg

Fx	0,000 N
Fy	-960,000 N
Fz	0,000 N

Load Type	Force
Magnitude	800,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	-800,000 N
Fz	0,000 N

Load Type	Force
Magnitude	223,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	0,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	0,000 N
Fz	223,000 N

Result posisi awal

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Components (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Components (Mx,My,Mz)
Pinned Constraint:1	34860,159 N	-1,338 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		23283,680 N		0,000 N mm
		-25944,189 N		0,000 N mm
Pinned Constraint:2	30202,458 N	1,338 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		15462,454 N		0,000 N mm
		25944,189 N		-0,000 N mm
Floating Pinned	23181,316	-0,000 N	0,000 N	-0,000 N mm

Constraint:1	N	23181,316 N	mm	0,000 N mm
		0,000 N		-0,000 N mm
Floating Pinned Constraint:2	14811,141 N	0,000 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		14811,141 N		0,000 N mm
		0,000 N		-0,000 N mm

Static result summary

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	7,741 mm
Forces	Fx	-5070,902 N	4947,848 N
	Fy	-20900,343 N	20701,365 N
	Fz	-20655,165 N	25944,189 N
Moments	Mx	-3975955,061 N mm	4977955,244 N mm
	My	-1021446,260 N mm	1412173,029 N mm
	Mz	-925618,099 N mm	1013272,901 N mm
Normal Stresses	Smax	-21,216 MPa	102,321 MPa
	Smin	-139,690 MPa	31,373 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	87,743 MPa
	Smin(Mx)	-87,399 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	99,005 MPa
	Smin(My)	-78,310 MPa	-0,000 MPa
	Saxial	-27,505 MPa	31,968 MPa
Shear Stresses	Tx	-6,173 MPa	5,834 MPa
	Ty	-16,207 MPa	16,751 MPa
Torsional Stresses	T	-13,656 MPa	12,475 MPa

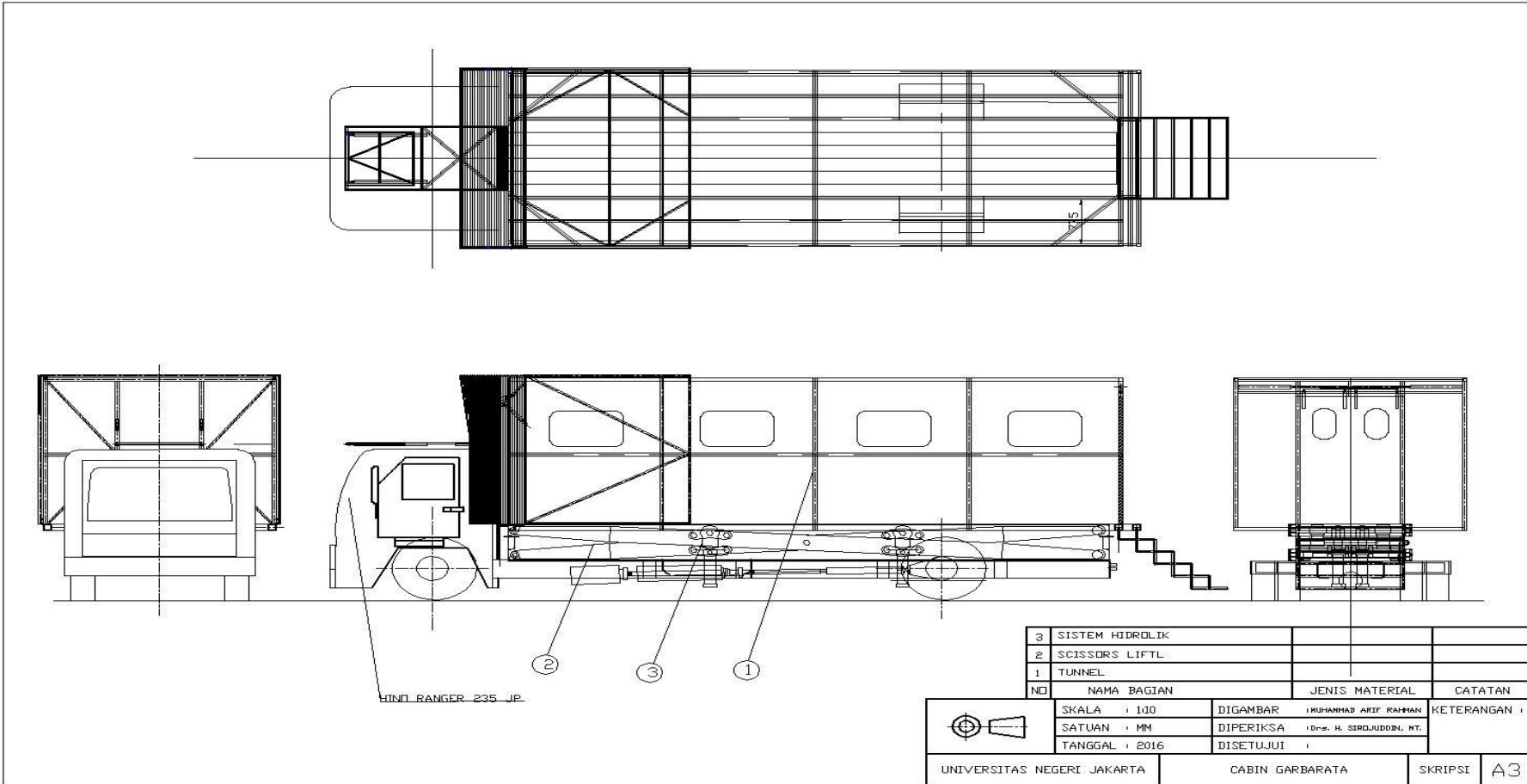
Result posisi akhir

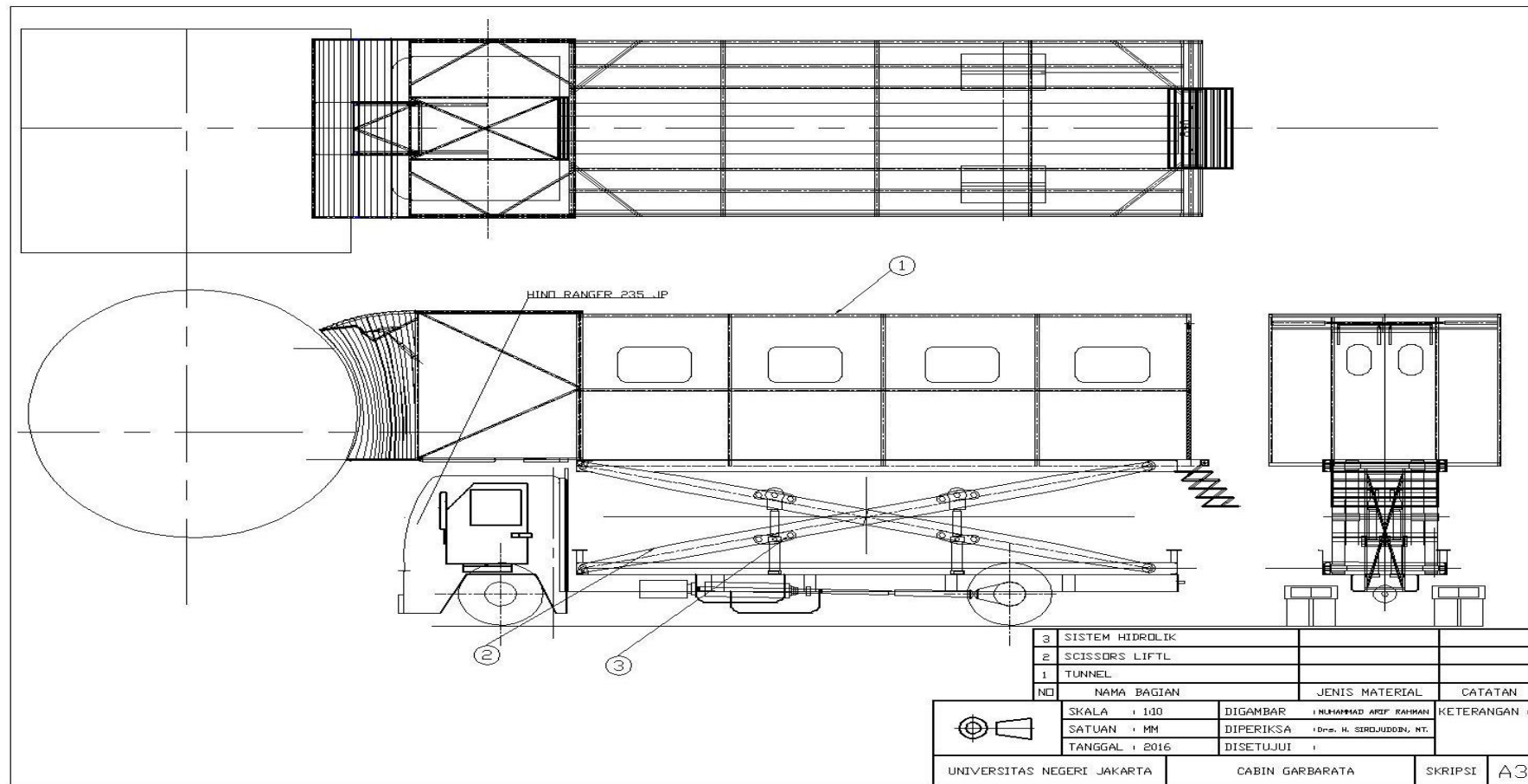
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Components (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Components (Mx,My,Mz)
Floating Pinned Constraint:1	17475,167 N	0,000 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		17475,167 N		0,000 N mm
		-0,000 N		-0,000 N mm

Pinned Constraint:1	16826,070 N	1,319 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		14523,301 N		0,000 N mm
		8496,492 N		0,000 N mm
Pinned Constraint:2	22998,026 N	-1,318 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		21370,980 N		-0,000 N mm
		-8496,493 N		-0,000 N mm
Floating Pinned Constraint:3	23369,142 N	0,000 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		23369,142 N		-0,000 N mm
		-0,000 N		-0,000 N mm

Static result summary

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	6,558 mm
Forces	Fx	-4280,607 N	5096,101 N
	Fy	-16141,526 N	19494,140 N
	Fz	-16295,616 N	12911,383 N
Moments	Mx	-5459613,810 N mm	5263281,197 N mm
	My	-827956,731 N mm	1248714,656 N mm
	Mz	-684990,903 N mm	783215,900 N mm
Normal Stresses	Smax	-20,727 MPa	94,072 MPa
	Smin	-96,721 MPa	28,663 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	67,902 MPa
	Smin(Mx)	-67,902 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	94,053 MPa
	Smin(My)	-75,924 MPa	-0,000 MPa
	Saxial	-23,874 MPa	29,223 MPa
Shear Stresses	Tx	-6,159 MPa	5,493 MPa
	Ty	-15,262 MPa	14,385 MPa
Torsional Stresses	T	-10,555 MPa	9,232 MPa





Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup



Muhammad Arif Rahman, lahir di Jakarta pada tanggal 26 Desember 1994. Peneliti merupakan anak ke empat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Eman Sulaiman dan Ibu Titi Enzastina. Peneliti bertempat tinggal di Pondok Ungu Permai, RT 08 RW 09 Bekasi Utara, Kota Bekasi. Pendidikan formal yang pernah ditempuh adalah SDIT Gema Nurani lulus tahun 2006.

Pada tahun yang sama peneliti melanjutkan di SMPN 146 Jakarta Timur tahun 2009 kemudian melanjutkan ke SMAN 102 Jakarta Timur lulus tahun 2012. Pada tahun yang sama, peneliti mengikuti tes tertulis Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dan diterima di Universitas Negeri Jakarta (UNJ) Fakultas Teknik Program Studi Pendidikan Teknik Mesin. Selama kuliah peneliti turut aktif dalam Badan Eksekutif Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin (BEMJ TM). Peneliti juga pernah mengikuti Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Semen Indonesia (Persero), Tbk pada bagian *Service* dan juga Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Maldalewangi, Banten. Kemudian peneliti juga mengikuti PKM di SMKN 55 Jakarta sebagai guru mata pelajaran Teknik Listrik Dasar Otomotif selama empat bulan pada tahun 2016.