

**PERANCANGAN DAN REALISASI MEKANISME KURSI
RAMAH DIFABEL PADA MOBIL KIA CARNIVAL DENGAN
MENGADOPSI MEKANISME PANTOGRAF**

TUGAS AKHIR

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



Disusun Oleh :

Nama : Bagus Arvin Trisetyo
No. Mahasiswa : 19525071
NIRM : 1901290156

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2023/2024**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bagus Arvin Trisetyo

NIM : 19525071

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknologi Industri

Instansi : Universitas Islam Indonesia

Judul Laporan : Perancangan dan Realisasi Mekanisme Kursi Ramah Difabel pada Mobil Kia Carnival dengan Mengadopsi Mekanisme Pantograf

Dengan ini menyatakan bahwa, segala sesuatu yang saya tulis pada tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang saya ambil sebagai referensi dan telah saya cantumkan sitasi nya. Apabila dikemudian hari pengakuan saya tidak benar, maka saya bersedia mengikuti hukuman atau sanksi yang diberikan sesuai aturan yang berlaku.

Yogyakarta, 14 Mei 2024



Bagus Arvin Trisetyo

19525071

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

PERANCANGAN DAN REALISASI MEKANISME KURSI RAMAH DIFABEL PADA MOBIL KIA CARNIVAL DENGAN MENGADOPSI MEKANISME PANTOGRAF

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Bagus Arvin Trisetyo

No. Mahasiswa : 19525071

NIRM : 1901290156

Yogyakarta, 3 April 2024

Pembimbing I,



Dr. Ir. Paryana Puspaputra M.Eng

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN DAN REALISASI MEKANISME KURSI RAMAH DIFABEL PADA MOBIL KIA CARNIVAL DENGAN MENGADOPSI MEKANISME PANTOGRAF

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Bagus Arvin Trisetyo

No. Mahasiswa : 19525071

NIRM : 1901290156

Tim Penguji

Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng

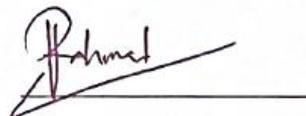
Ketua



Tanggal : 13 Mei 2024

Rahmat Riza, S.T., MSc, ME

Anggota I



Tanggal : 13 Mei 2024

Faisal Arif Nurgesang, Ir., S.T., M.Sc., IPP

Anggota II



Tanggal : 5 Mei 2024 .

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Mesin



Dr. Muhammad Khafidh S.T., M.T.

HALAMAN PERSEMBAHAN

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji bagi Allah Tuhan semesta alam yang telah menciptakan dunia dan seisinya yang indah ini serta memberikan nikmat iman dan Islam serta rahmat hidayah dan inayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Tugas akhir ini dipersembahkan kepada bapak Siswanto dan mama Bingar serta saudara/i tercinta penulis yaitu Kak Tami, Bang Angga, dan Arimbi yang selalu senantiasa memberikan dukungan, ajaran, motivasi, serta doa yang selalu dipanjatkan yang sangat amat bermanfaat bagi kehidupan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Serta tidak lupa penulis persembahkan kepada diri penulis sendiri yaitu Bagus Arvin Trisetyo yang telah berhasil melewati beban emosional, beban fisik, serta rintangan sampai detik ini.

HALAMAN MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya...”

(Q.S Al-Baqarah : 286)

“Jangan takut untuk berbuat benar, karena itu akan mengarahkan ke jalan yang lebih baik”

"Tidak ada gunanya melihat ke belakang, karena itu sudah menjadi sejarah. Yang penting adalah bagaimana kita membangun masa depan yang lebih baik."

(Muhammad Ali)

"Keterlambatan bukanlah kehilangan, melainkan kesempatan untuk merencanakan yang lebih baik."

(Jack Canfield)

KATA PENGANTAR

“Assalamua’alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh”

Alhamdulillahirobbil’alamin Assholatu Wassalamu Ala Asyrofil Ambiya Wal Mursalin, Wa ‘Ala Wasohbihi Ajmain Amma Ba’du

Segala puji dan syukur kita panjatkan atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia yang diberikan oleh-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perancangan dan Realisasi Mekanisme Kursi Ramah Difabel pada mobil KIA Carnival dengan Mengadopsi Mekanisme Pantograf”** sesuai dengan tenggat waktu yang diberikan meskipun terdapat beberapa hambatan yang terjadi selama penulisan. Tidak lupa pula Shalawat serta salam kita panjatkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita kepada kehidupan yang lebih baik. Penyusunan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada program studi Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah bersedia membantu dan membimbing penulis selama penyusunan tugas akhir ini. Maka dari itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan kepada :

1. Kedua orang tua saya tercinta, ayahanda Siswanto Sarkum S.Sos., dan Ibunda Bingar Dwi Rengganis Wara yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan, semangat serta menjadi sosok berpengaruh dalam hidup penulis sehingga penulis dapat menjalankan dan menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Bapak Dr. Muhammad Khafidh S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Ir. Paryana Puspaputra, M.Eng. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu dan arahan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen dan staf pengajar Teknik Mesin FTI UII
5. Rekan-rekan ruangan 1.09 yang selalu bekerja sama dan saling membantu untuk menjalankan serta menyelesaikan tugas akhir ini bersama-sama

sesuai dengan judul dan topik masing-masing. Serta rekan-rekan Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia yang senantiasa memberikan dukungan.

6. Teman-teman kontrakan kriminal yaitu Aam, Arif, Ariq, Arul, Aldia, Raka, Faiq, Fakhрил, Haqi, Trio, Udin dan Rajo yang menjadi tempat bertukar pandangan, pengalaman, dan menemani hari-hari penulis serta berjuang bersama dalam menjalani masa perkuliahan.
7. Keluarga besar Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia Angkatan 2019, yang telah berjuang bersama serta saling membantu selama perkuliahan ataupun selama berada di Yogyakarta.
8. Keluarga besar pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin Industri Periode 2021/2022 yang selalu memberikan dukungan dan membantu penulis dalam berproses dan berprogress dalam bidang akademik maupun non-akademik selama masa perkuliahan
9. Seluruh pihak lain yang tidak dapat dituliskan satu-persatu yang dengan sukarela membantu ikut berperan dan mendoakan penulis untuk menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.

Penyusunan laporan tugas akhir ini telah dilakukan dengan sebaik-baiknya, namun memungkinkan terjadinya kesalahan maupun kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semuanya.

“Wabillahaufiq walhidayah”

“Wassalamu’alaikum Warahamatullahi Wabarokatuh”

Yogyakarta, 2 April 2024



(Bagus Arvin Trisetyo)

ABSTRAK

Tingginya jumlah penyandang disabilitas di Indonesia harus diimbangi dengan peningkatan fasilitas guna membantu para difabel yang salah satunya ialah mobilitas para difabel untuk mengakses mobil. Hal tersebut harus ditingkatkan guna membantu para difabel untuk mengurangi ketergantungan serta hambatan dalam kehidupan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan melakukan proses manufaktur pada mekanisme kursi mobil yang ramah difabel. Mekanisme yang digunakan pada kursi tersebut ialah mekanisme pantograf yang dapat membantu gerakan mekanisme berjalan sejajar. Selain itu mekanisme kursi harus dapat menahan beban sesuai dengan rata-rata berat badan masyarakat Indonesia dengan menggunakan material yang sesuai. Hasil dari perancangan ini ialah kursi dapat bergerak dengan lancar sesuai dengan perancangan yang dibuat serta kursi juga dapat menahan berat rata-rata masyarakat Indonesia yang menggunakan material AISI 1020 *steel*.

Kata kunci : Difabel, Pantograf, Mobilitas, AISI 1020 Steel

ABSTRACT

The high number of people with disabilities in Indonesia must be balanced with an increase in facilities to help the disabled, one of which is the mobility of the disabled to access the car. This must be improved to help people with disabilities to reduce dependence and obstacles in daily life. This research aims to design and carry out the manufacturing process on a disabled-friendly car seat mechanism. The mechanism used in the chair is a pantograph mechanism that can help the movement of the mechanism run parallel. In addition, the seat mechanism must be able to withstand loads in accordance with the average body weight of Indonesian people using appropriate materials. The result of this design is that the chair can move smoothly in accordance with the design made and the chair can also withstand the weight of the average Indonesian using AISI 1020 steel material.

Keyword : Difable, Pantograph, Mobility, AISI 1020 Steel

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing	ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji	Kesalahan! Bookmark tidak ditentukan.
Halaman Persembahan	v
Halaman Motto	vi
Kata Pengantar	vii
Abstrak	ix
Daftar Tabel	xiii
Daftar Gambar	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Perancangan	3
1.5 Manfaat Perancangan	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1 Disabilitas (Difabel)	9
2.2.2 Mekanisme Pantograf	9
2.2.3 <i>Computer Aided Design (CAD)</i>	10
2.2.4 <i>Computer Aided Engineering (CAE)</i>	11
2.2.5 <i>Computer Aided Manufacturing (CAM)</i>	11
2.2.6 <i>Finite Element Method (FEM)</i>	12
Bab 3 Metode Penelitian	13
3.1 Alur Penelitian	13
3.2 Peralatan dan Bahan	13
3.3 Perancangan.....	14
3.3.1 Konsep Kursi ramah difabel	14
3.3.2 Analisis Beban.....	14

3.3.3	Kriteria desain.....	15
3.3.4	Penentuan ukuran desain	15
3.3.5	Pemilihan Material	16
3.3.6	Desain dan Analisis	17
Bab 4 Hasil dan Pembahasan		33
4.1	Hasil Perancangan	33
4.1.1	Proses pembuatan komponen utama	33
4.1.2	Penambahan part pembatas <i>Linear Guide</i>	41
4.2	Hasil Akhir Pembuatan Kursi Ramah Difabel	41
4.3	Hasil Pengujian.....	42
Bab 5 Penutup.....		43
5.1	Kesimpulan.....	43
5.2	Saran	43
Daftar Pustaka		44

DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 Faktor mekanik dan non mekanik material AISI 1020 <i>steel</i>	16
Tabel 3- 2 Komponen utama kursi ramah difabel	18
Tabel 4- 1 Data proses CAM serta proses pemesinan CNC.....	39

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Konsep rancangan produk alat bantu	6
Gambar 2- 2 Posisi sempurna alat bantu saat kursi roda berada di lantai	6
Gambar 2- 3 Desain <i>sliding rail</i> dan <i>swivel plate</i>	8
Gambar 2- 4 Susunan lengkap rancangan	8
Gambar 2- 5 <i>Scissors Lift Table</i>	10
Gambar 2- 6 Mekanisme Pantograf.....	10
Gambar 3- 1 Diagram alir perancangan dan pembuatan mekanisme kursi ramah difabel	13
Gambar 3- 2 Kursi mobil Kia Carnival	15
Gambar 3- 3 Desain 3D kursi ramah difabel.....	17
Gambar 3- 4 Komponen utama kursi ramah difabel	18
Gambar 3- 5 Desain <i>base</i> awal kursi ramah difabel.....	19
Gambar 3- 6 Base atas Penyambung <i>linear guide</i> ke <i>base</i> kursi	19
Gambar 3- 7 Desain lengan <i>scissors</i>	20
Gambar 3- 8 Lengan <i>scissors</i> yang dikaitkan.....	20
Gambar 3- 9 peletakan tumpuan pada <i>base</i> atas.....	25
Gambar 3- 10 peletakan gaya pada <i>base</i> atas	25
Gambar 3- 11 peletakan gaya pada lengan <i>scissors</i>	26
Gambar 3- 12 peletakan tumpuan pada lengan <i>scissors</i>	26
Gambar 3- 13 Tegangan (<i>stress</i>) pada <i>base</i> atas	27
Gambar 3- 14 Tegangan (<i>stress</i>) pada lengan <i>scissors</i>	28
Gambar 3- 15 Regangan (<i>strain</i>) pada <i>base</i> atas.....	28
Gambar 3- 16 Regangan (<i>strain</i>) pada lengan <i>scissors</i>	29
Gambar 3- 17 Perubahan jarak (<i>displacement</i>) pada <i>base</i> atas	29
Gambar 3- 18 Perubahan jarak (<i>displacement</i>) pada lengan <i>scissors</i>	30
Gambar 3- 19 Faktor keamanan (<i>FoS</i>) pada <i>base</i> atas	30
Gambar 3- 20 Faktor keamanan (<i>FoS</i>) pada lengan <i>scissors</i>	31
Gambar 4- 1 Proses hasil <i>bending base</i> bawah kursi ramah difabel tampak depan <i>base</i> bawah	33
Gambar 4- 2 Hasil dari proses bending	34

Gambar 4- 3 Hasil proses penyambungan belakang <i>base linear guide</i> HGR12 ke <i>base</i> bawah	34
Gambar 4- 4 Hasil proses penyambungan depan <i>base linear guide</i> HGR12 ke <i>base</i> bawah.....	34
Gambar 4- 5 Hasil dari pemasangan <i>linear guide</i>	35
Gambar 4- 6 Hasil dari pembuatan lengan <i>scissors</i>	35
Gambar 4- 7 Hasil penyambungan lengan <i>scissors</i>	36
Gambar 4- 8 <i>Base</i> atas Penyambung <i>linear guide</i> ke <i>base</i> kursi	36
Gambar 4- 9 <i>Base</i> atas yang sudah dipotong bagian tengahnya.....	37
Gambar 4- 10 Hasil pemasangan <i>base</i> atas dengan <i>block linear guide</i>	37
Gambar 4- 11 Hasil pemotongan <i>slot base</i> atas	38
Gambar 4- 12 Gambar Proses CAM pada <i>base</i> atas	39
Gambar 4- 13 Mesin CNC yang digunakan	40
Gambar 4- 14 Proses CNC pada <i>base</i> atas	40
Gambar 4- 15 Hasil dari pemesinan CNC pada komponen <i>base</i> atas.....	40
Gambar 4- 16 Komponen Pembatas <i>linear guide</i>	41
Gambar 4- 17 Hasil perakitan komponen mekanisme kursi ramah difabel	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyandang disabilitas adalah seseorang yang memiliki kemampuan fisik yang terbatas dalam melakukan suatu aktivitas yang biasa atau lazim yang dianggap normal bagi manusia pada umumnya. Penyandang disabilitas adalah setiap orang yang mengalami keterbatasan fisik, intelektual, mental, dan/atau sensorik dalam jangka waktu lama yang dalam berinteraksi dengan lingkungan dapat mengalami hambatan dan kesulitan untuk berpartisipasi secara penuh dan efektif (UU No. 8 Tahun 2016). Jumlah penyandang disabilitas pada tahun 2012 hingga 2017 naik sebesar 4,8%.

Dengan peningkatan jumlah tersebut tidak diimbangi dengan peningkatan fasilitas penunjang untuk mobilitas mereka yang mana menimbulkan ketergantungan dan hambatan bagi para penyandang disabilitas (Muqodimah, Fitri Nur. 2018). Dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, peningkatan kinerja manusia dapat dilakukan dengan adanya produk-produk yang dapat mempermudah mobilitas untuk penyandang disabilitas (Safira, Elsyia et. al., 2022).

Mobil merupakan salah satu alat transportasi yang mempermudah mobilitas manusia pada umumnya. Terdapat beberapa fitur yang bermanfaat untuk menunjang kenyamanan salah satunya adalah mekanisme kursi mobil yang didesain untuk penumpang dengan tidak meninggalkan nilai keindahannya. Akan tetapi kursi yang dibuat juga tidak sepenuhnya bisa dinikmati oleh semua kalangan terutama para penyandang disabilitas dikarenakan mekanisme yang ada tidak mendukung. Maka dari itu terdapat kursi mobil yang dirancang khusus untuk mempermudah aksesibilitas kepada para penyandang disabilitas agar mempermudah untuk masuk dan keluar mobil.

Kursi mobil pada bagian penumpang harus diseimbangkan dengan kemajuan teknologi sebagai penambah fitur seperti kursi yang dapat diatur dan sistem penggerak yang dapat mempermudah pergerakan kursi untuk membantu para penyandang disabilitas. Pemilihan mobil juga perlu diperhatikan dalam penambahan fitur tersebut yang mana dapat menunjang sesuai dengan

kegunaannya. Salah satu tipe mobil yang dapat menunjang ialah Mobil *KIA Carnival*.

Mobil *KIA Carnival* merupakan mobil berjenis MPV (*MultiPurpose Vehicle*) atau *minivan* yang biasa digunakan untuk mengangkut penumpang sekaligus membawa barang yang cenderung besar atau banyak. Banyak jenis mobil seperti ini yang memiliki kursi berjenis *Captain seat* serta pintu berjenis *sliding door* yang dapat memberikan akses luas terhadap penumpang ketika akan masuk ataupun keluar dari mobil. Akan tetapi, fitur yang terdapat pada mobil MPV tersebut masih banyak yang belum menunjang para disabilitas untuk mempermudah mereka ketika masuk ataupun keluar dari mobil secara optimal.

Maka dari itu penelitian ini merancang dan membuat mekanisme kursi ramah difabel pada mobil *KIA Carnival* pada bagian penumpang dengan mengadopsi mekanisme Pantograf yang dapat membantu para penyandang disabilitas untuk masuk dan keluar dari mobil secara optimal.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, berikut adalah rumusan masalah dalam penelitian ini :

1. Bagaimana cara memodifikasi kursi ramah difabel pada mobil Kia Carnival tanpa mengurangi kenyamanan aslinya?
2. Bagaimana cara membuat komponen mekanik pantograph kursi ramah difabel pada mobil Kia Carnival?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan penelitian menjadi terarah dan tidak menyimpang berikut ini adalah beberapa poin yang menjadi batasan masalah dalam penelitian tugas akhir :

1. Perancangan produk tidak membahas penggerak,
2. Mekanisme yang digunakan pada kursi ramah difabel ialah mekanisme pantograph,
3. Bagian yang dirancang ialah mekanisme kursi ramah difabel pada bagian mekanisme pantograf yang menggerakkan mekanisme selanjutnya,

4. Ukuran yang dirancang menyesuaikan kepada dimensi mobil (pintu mobil dan kursi) Kia Carnival 2001,
5. Mekanisme kursi yang dirancang menyesuaikan pada kursi pada bagian penumpang pada baris 2 mobil KIA Carnival 2001,
6. Kursi ramah difabel direalisasikan untuk penyandang disabilitas yang memiliki keterbatasan fisik.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu :

1. Merancang struktur mekanik mekanisme kursi ramah difabel dengan mengadopsi mekanisme pantograf,
2. Melakukan proses manufaktur komponen mekanik dari mekanisme kursi ramah difabel.

1.5 Manfaat Perancangan

Adapun manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini diantaranya :

1. Mampu membantu peneliti dalam memahami langkah – langkah, masalah perancangan dan realisasi produk,
2. Dapat mempermudah penyandang disabilitas untuk duduk di kursi penumpang mobil,
3. Dapat dijadikan sebagai referensi untuk penelitian sejenis pada kendaraan tipe lain atau fitur lainnya pada masa yang akan datang.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 bab, yang mana setiap babnya disusun secara sistematis guna mempermudah pembaca dalam memahami isi dari tulisan tugas akhir ini. Bab 1 merupakan pendahuluan dari tugas akhir yang di dalamnya berisikan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan perancangan, manfaat perancangan, dan sistematika penulisan. Bab 2 merupakan tinjauan pustaka yang di dalamnya berisikan kajian pustaka, dan dasar teori yang menjadi landasan perancangan. Bab 3 merupakan metode penelitian yang di dalamnya berisikan penjelasan tentang alur penelitian, alat dan bahan, serta

tahapan perancangan yang telah dilakukan. Bab 4 merupakan hasil dan pembahasan yang didapatkan dari alat yang telah dirancang. Terakhir yaitu bab 5 yang di dalamnya berisikan kesimpulan dan saran dari hasil perancangan tugas akhir ini.

BAB 2

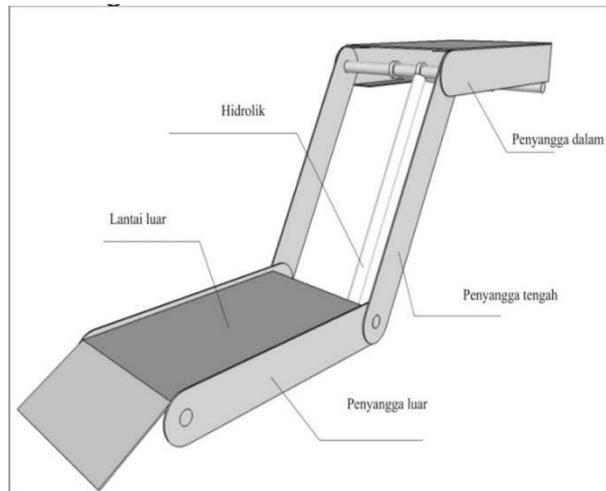
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pada zaman industri 4.0 ini, banyak produk yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan para difabel salah satunya teknologi untuk masuk dan keluar dari mobil. Kursi mobil yang ramah difabel harus diadaptasikan dengan mekanisme yang dapat bergerak mengarah keluar dari pintu mobil agar memberikan akses mudah untuk para penyandang disabilitas untuk masuk atau keluar dari mobil. Untuk dapat merancang dan membuat produk tersebut, peneliti perlu melakukan kajian mengenai penelitian rancang bangun produk kursi ramah difabel yang sudah berhasil dikembangkan oleh peneliti sebelumnya.

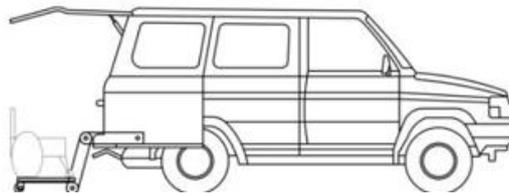
Pada jurnal yang disusun oleh Adhy Tyas Budi Listyanto berjudul “Rancangan Alat Bantu Difabel Keluar Masuk Kursi Roda bagi Penderita Cacat Kaki pada Mini Bus”, dijelaskan perancangan alat bantu kursi roda untuk masuk dan keluar melalui pintu belakang yang sistemnya pengoperasiannya menggunakan hidrolik yang digerakkan oleh motor berkekuatan 12 volt.

Selain itu penggerak ini dioperasikan menggunakan saklar penggerak sehingga penderita cacat kaki yang menggunakan kursi roda dapat mengoperasikan alat bantu ini dengan sendiri tanpa bantuan orang lain serta dilengkapi dengan pembatas sebagai keamanan agar posisi kursi roda lurus dan tepat di atas lantai alat bantu. Konsep desain dari perancangan alat bantu difabel ini dapat dilihat pada gambar 2-1 dan 2-2.



Gambar 2- 1 Konsep rancangan produk alat bantu

Sumber : (Adhy, 2013)



Gambar 2- 2 Posisi sempurna alat bantu saat kursi roda berada di lantai

Sumber : (Adhy, 2013)

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmad Pratomo Adam dengan judul “Perancangan Mobil yang Ergonomis pada Bagian Penumpang untuk Difabel Daksa dan Netra dengan Pendekatan HOQ”, dilakukan penentuan desain dan analisis perancangan menggunakan metode HOQ (*House Of Quality*) dan PUGH Matriks. Pada PUGH matriks terdapat konsep yang mempertimbangkan segi aksesibilitas, biaya, kemudahan operasional, keamanan, dan kenyamanan penggunaan.

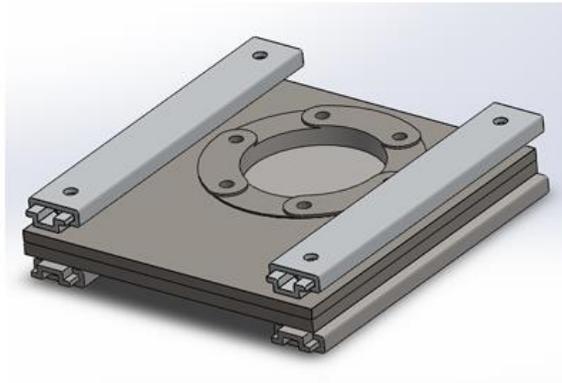
Pada hasil analisis tersebut terdapat desain dengan pertimbangan *wheelchair lift*, dimensi *wheelchair lift*, dimensi ruang penumpang kursi roda, dimensi *handrail*, diameter tiang pegangan, jumlah tiang pegangan, jumlah kursi lipat penumpang, jumlah

wheelchair securement dari respon teknis pada HOQ. Selain itu juga diperlukan berbagai dimensi bagian mobil untuk mendesain mobil difabel.

Perancangan yang dilakukan oleh Tjioe Hoo Gie dan Ninuk Jonoadji yang berjudul “Pengangkatan dan Pembuatan Mekanisme Pengangkatan Jok Mobil untuk Difabel” membahas tentang merancang alat untuk membantu para pengguna kursi roda dengan tidak mengubah bentuk badan mobil maupun bentuk jok. Mekanisme yang digunakan yaitu mekanisme ulir atau mekanisme yang mengubah gerak rotasi menjadi gerak linear untuk menggerakkan jok dan menggunakan roda gigi lurus untuk gerakan berputar pada poros jok. Kemudian perancangan dihitung untuk menemukan dimensi minimal agar alat bisa bergerak tanpa mengalami kerusakan.

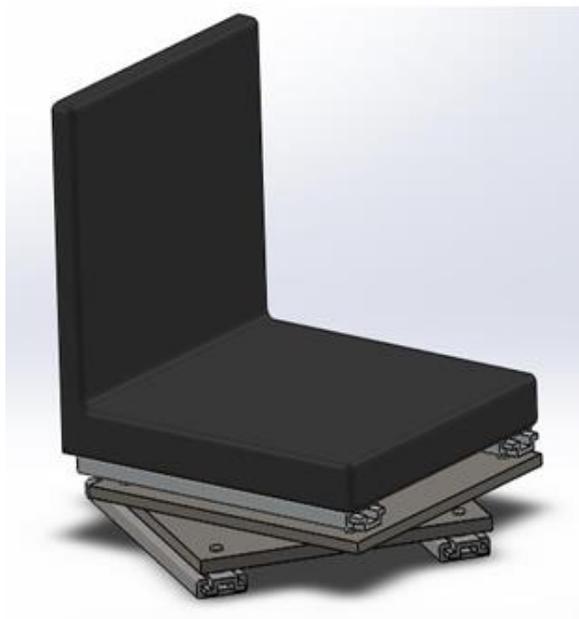
Pada jurnal yang berjudul “*A Critical Review of Multiway Adjustable Car Seats for Physically Challenged*” yang disusun oleh M. Boopathi, G. Manikandan, R. Dhanush Guru, S.R. Anson, S. Logesh, and S. Sudhakar menjelaskan bahwa produk dibuat menggunakan *sliding rail*, *swivel plate*, dan penggerak motor DC. *Sliding rail* digunakan untuk menggerakkan kursi untuk maju dan mundur, serta *swivel plate* dirancang untuk membuat gerakan putar pada kursi agar bisa bergerak 360°. Pada *swivel plate* memiliki panjang 390mm dan lebar 360mm dan ketebalan 20mm. Sedangkan *sliding rail* memiliki panjang 400mm.

Kursi dirancang untuk bisa bergerak ke arah pintu mobil dengan digerakkan menggunakan motor DC. Motor DC pada perancangan ini dibuat sebagai penggerak utama yang disambungkan untuk menggerakkan *sliding rail* dan juga *swivel plate*. Mekanisme ini dirancang dengan mekanisme yang mudah serta dapat diaplikasikan di semua jenis mobil. Konsep desain yang dibuat terdapat pada gambar 2-3 dan 2-4.



Gambar 2- 3 Desain *sliding rail* dan *swivel plate*

Sumber : (M. Boopathi, G. Manikandan, R. Dhanush Guru, S.R. Anson, S. Logesh, and S. Sudhakar, 2022)



Gambar 2- 4 Susunan lengkap rancangan

Sumber : (M. Boopathi, G. Manikandan, R. Dhanush Guru, S.R. Anson, S. Logesh, and S. Sudhakar, 2022)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Disabilitas (Difabel)

Difabel merupakan seseorang yang memiliki keterbatasan dalam melakukan suatu kegiatan yang biasa dilakukan manusia pada umumnya. Secara umum difabel yaitu seseorang yang memiliki permasalahan pada fungsi atau struktur tubuh, hilangnya kemampuan sensorik, serta kesulitan dalam melakukan pekerjaan atau tugas dan mengatasi permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan sehari-hari. Jadi difabel merupakan suatu fenomena kompleks yang mencerminkan fungsi tubuh seseorang dengan fungsi masyarakat dimana dia tinggal (Purwanto, 2004).

Disabilitas juga memiliki banyak jenis keterbatasan salah satunya ialah disabilitas fisik. Disabilitas fisik merupakan keterbatasan pada fungsi tubuh seperti keterbatasan pengelihatannya, gerak tubuh, kemampuan berbicara, dan pendengaran. Difabel juga terbagi dalam beberapa jenis seperti difabel tubuh (daksa), difabel runtu dan wicara, dan difabel netra.

Jumlah Penyandang disabilitas harus diimbangi dengan jumlah teknologi yang ramah difabel. Pada tahun 2012 jumlah penyandang disabilitas berdasarkan WHO (*World Health Organization*) terdapat 15% dari total jumlah penduduk sebesar 245 juta di Indonesia (Miarppa, F. K., B. Kristyanto, 2016). Dari total jumlah penyandang disabilitas juga harus diperhatikan dalam segi fisik rata-rata masyarakat Indonesia untuk menyesuaikan kebutuhan fasilitas yang disediakan agar bisa digunakan.

Rata-rata berat masyarakat Indonesia mencapai 90 Kg dimana sebagian ialah para penyandang disabilitas. Dari hal tersebut menunjukkan bahwa fasilitas untuk mempermudah para penyandang disabilitas harus dibuat sesuai dengan kriteria umum tersebut (Aksan, 2023)

2.2.2 Mekanisme Pantograf

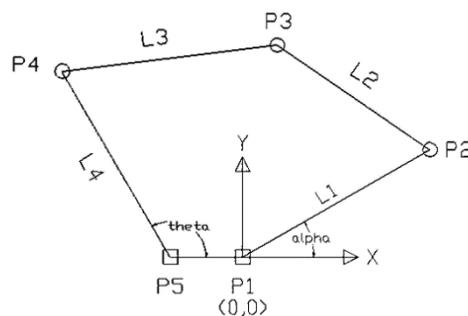
Pantograf atau dalam bahasa Indonesianya pantograf merupakan suatu mekanisme yang terdapat 4 ruas saling berkaitan atau menyambung satu dengan yang lainnya. Mekanisme ini awalnya digunakan untuk menskala gambar (Suwarno, 2019). Mekanisme

Pantograf merupakan salah satu mekanisme berpola X yang biasa disebut *Scissors* dan memiliki gerakan membuka dan menutup seperti gunting. Perpanjangan dan perpindahan gerakan mekanisme ini dapat dihitung akibat adanya gaya dorong seperti hidrolis, pneumatik, atau gerakan yang menimbulkan gaya dorong lainnya (Hidayah, 2016). Mekanisme ini biasanya digunakan pada *scissors lift* yang menggerakkan lengan dengan membuka dan menutup. Berikut ialah contoh dari penggunaan serta bentuk dari mekanisme pantograf.



Gambar 2- 5 *Scissors Lift Table*

Sumber : (Hidayah, 2016)



Gambar 2- 6 Mekanisme Pantograf

Sumber : (Suwarno, 2019)

2.2.3 *Computer Aided Design (CAD)*

Computer Aided Design atau disingkat CAD merupakan bentuk otomatisasi yang membantu seseorang dalam melakukan perbaikan terkait gambar, spesifikasi, dan elemen yang berhubungan dengan perancangan dengan menggunakan efek grafis khusus dan

perhitungan. Teknologi yang digunakan dalam berbagai produk di bidang lingkungan dan arsitektur, elektronika, dan aerodinamika, teknik otomotif dan desain produk.

Sistem pada CAD biasanya mencakup permodelan tiga dimensi dan model operasional simulasi komputer meskipun biasanya tidak menggambar secara otomatis. Sistem CAD dijalankan melalui *Personal Computer* (PC) untuk proses desain dan permodelan 2D serta proses *drafting*, kemudian diintegrasikan ke dalam sistem *Computer Aided Manufactur* (CAM) dan disesuaikan dengan format mesin *Computer Numerical Control* (CNC) (Ningsih, 2005).

2.2.4 *Computer Aided Engineering (CAE)*

Computer Aided Engineering (CAE) adalah proses menggunakan perangkat lunak untuk menganalisis desain 3 dimensi. CAE memiliki teknologi yang dirancang khusus untuk melakukan desain 3D, memberikan informasi awal sepanjang siklus pengembangan desain seperti desain konsep, pengujian terhadap faktor internal dan eksternal produk, dan pemeliharaan produk (Kolbasin & Husu, 2017).

2.2.5 *Computer Aided Manufacturing (CAM)*

Computer Aided Manufacturing atau disingkat CAM merupakan teknologi manufaktur yang menggunakan perangkat lunak komputer dan mesin untuk memfasilitasi dan mengoptimalkan proses manufaktur. *Computer Aided Manufacturing* (CAM) ialah proses lanjutan setelah proses *Computer Aided Design* (CAD) dan proses *Computer Aided Engineering* (CAE). Pada perancangan kursi ramah difabel, *software* CAM yang digunakan ialah *Fusion 360*. Proses Cam juga bisa melengkapi kekurangan pada bidang proses manufaktur dan komplektisitas pengguna, *Product Lifecycle Management* (PLM) dan integrasi, serta proses otomasi pemesinan pada perusahaan modern (Setyoadi & Latifah, 2015).

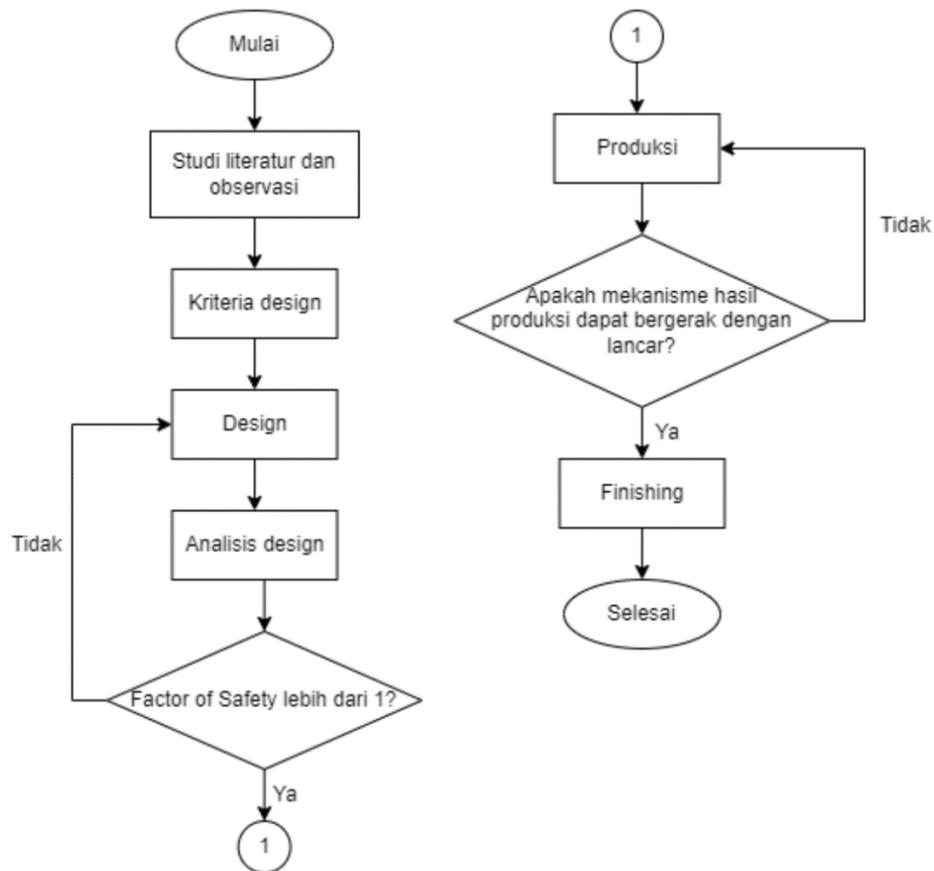
2.2.6 *Finite Element Method (FEM)*

Finite Element Method atau Metode Elemen Hingga atau disingkat FEM merupakan metode numerik untuk menyelesaikan permasalahan dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian kecil yang terhingga. Kemudian bagian kecil tersebut dianalisa dan hasilnya digabung kembali untuk melengkapi keseluruhan daerah. Bagian kecil ini disebut elemen yang terdiri dari titik sudut yang disebut nodal atau *node*. Dan daerah elemen yang terbentuk dari titik tersebut. Secara matematis, FEM merupakan teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dapat dinyatakan dalam persamaan diferensial (Hidayah, 2016).

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Alur Penelitian

Alur Perancangan Tugas Akhir ditunjukkan pada gambar 3-1 berikut :



Gambar 3- 1 Diagram alir perancangan dan pembuatan mekanisme kursi ramah difabel

3.2 Peralatan dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada pembuatan mekanisme kursi ramah difabel dengan adaptasi Mekanisme Pantograf ialah sebagai berikut :

1. *SolidWorks Education 2020*
2. Mesin Freis
3. Mesin Gerinda tangan
4. Mesin Bor Duduk

5. Mata bor HSS 3.5mm
6. Mata bor HSS 5,5mm
7. Mata bor HSS 7mm
8. Mata bor HSS 13mm

Bahan yang digunakan pada pembuatan mekanisme kursi ramah difabel dengan adaptasi Mekanisme Pantograf ialah sebagai berikut :

1. Besi plat AISI 1020 ketebalan 10mm
2. Besi plat AISI 1020 ketebalan 5mm
3. Besi plat AISI 1020 ketebalan 3mm
4. 2 buah *Rail Linear Guide* HGR 15 30cm
5. 4 buah *Block Bearing* HGH15CA
6. 2 buah *Rail Linear Guide* HGR 12 10cm
7. 2 buah *Block Bearing* HGH12CA

3.3 Perancangan

Proses perancangan kursi ramah difabel terdiri dari konsep mekanisme kursi, desain kursi dan proses manufaktur mekanisme kursi untuk membantu difabel

3.3.1 Konsep kursi ramah difabel

Proses perancangan struktur mekanik kursi ramah difabel ini diawali dengan konsep desain. Adapun beberapa proses dalam menentukan konsep desain mekanisme kursi ramah difabel yaitu sebagai berikut :

3.3.2 Analisis Beban

Dalam menentukan konsep desain mekanisme kursi ramah difabel, yang dilakukan terlebih dahulu ialah analisis beban. Analisis Beban dilakukan dengan menentukan beban apa saja yang terdapat pada kursi mobil pada bagian penumpang ketika digunakan nanti. Analisis beban dapat dilihat dengan menyesuaikan rata-rata berat badan masyarakat Indonesia yaitu sebesar 90 Kg. Jika beban yang didefinisikan yaitu 150 Kg termasuk beban kursi, jok, dll, maka beban tersebut sudah lebih dari beban yang terdapat pada pembahasan pada subbab 2.2.1.

3.3.3 Kriteria desain

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan beban, selanjutnya menentukan beberapa kriteria desain yang harus terdapat pada mekanisme kursi ramah difabel sebagai berikut :

1. Kursi ramah difabel dirancang dan dianalisis menggunakan beban 1500 N atau 150 kg,
2. Perancangan dan pembuatan kursi ramah difabel menggunakan mekanisme Pantograf,
3. Perancangan menyesuaikan base kursi dan pintu mobil yang terdapat pada KIA Carnival 2001,
4. Hasil gerakan yang dihasilkan yaitu gerakan linear

3.3.4 Penentuan ukuran desain

Ukuran mekanisme kursi ramah difabel harus menyesuaikan dengan ruang yang terdapat pada kursi penumpang mobil KIA Carnival baris kedua serta lebar ruang pintu saat terbuka dan saat tertutup. Ukuran tersebut menyesuaikan kursi mobil Kia Carnival yang dapat dilihat pada gambar 3-2.



Gambar 3- 2 Kursi mobil Kia Carnival 2001

Dari gambar tersebut didapatkan batas maksimal ukuran mekanisme kursi ialah 70cm dikarenakan hal tersebut dapat dilihat dari jarak antara mekanisme kursi dengan kursi pada bagian depan. Selain itu lebar mekanisme kursi menyesuaikan

pada lebar dari pintu mobil Kia Carnival saat terbuka yaitu sebesar 1040mm dan selain itu juga ukuran mekanisme kursi menyesuaikan dengan mekanisme dasar dari mobil yaitu dengan panjang 360mm dan lebar 340mm.

Dari gambar 3-2 diketahui bahwa mekanisme dasar kursi tersebut memiliki panjang 360mm dan lebar 360mm. Kemudian saat terpasang di mobil, jarak minimal yang didapat dari mekanisme kursi ke kursi depan ialah sebesar 300mm. Selain itu juga jarak antara kedua mekanisme kursi pada baris kedua mobil ialah sebesar 500mm dimana hal tersebut menjadi acuan dalam pembuatan mekanisme kursi ramah difabel.

3.3.5 Pemilihan Mekanisme

Mekanisme yang digunakan ialah mekanisme pantograf. Mekanisme pantograf memiliki kelebihan ialah dapat menghasilkan gerakan linear pada ruang yang terbatas. Selain itu juga gerakan yang dihasilkan sejajar pada bagian kanan dan kiri yang tersambung ke lengan pantograf sendiri. Pantograf sendiri sering digunakan untuk mekanisme yang berkaitan dengan beban salah satunya ialah *scissors lift*.

3.3.6 Pemilihan Material

Material yang digunakan pada pembuatan kursi ramah difabel ini ialah plat baja. Pengaplikasian pada baja bergantung pada kebutuhan dan sifat-sifat dari baja itu sendiri yang salah satunya ialah sifat mekanik. Sifat mekanik merupakan sifat yang berkaitan dengan perlakuan dimana sifat mekanik terdiri dari kekuatan (*strength*), ketangguhan (*toughness*), kekerasan (*hardness*), keuletan (*ductile*), dan modulus elastisitas.

Pada pembuatan kursi ramah difabel digunakan baja jenis AISI 1020 *steel*. Plat AISI 1020 *steel* dapat dicari di pasaran dan biasanya digunakan untuk pembuatan *gear*, kawat las, pembuatan rangka, dll. Sifat mekanik dan non mekanik material AISI 1020 *steel* dapat dilihat pada tabel 3-1.

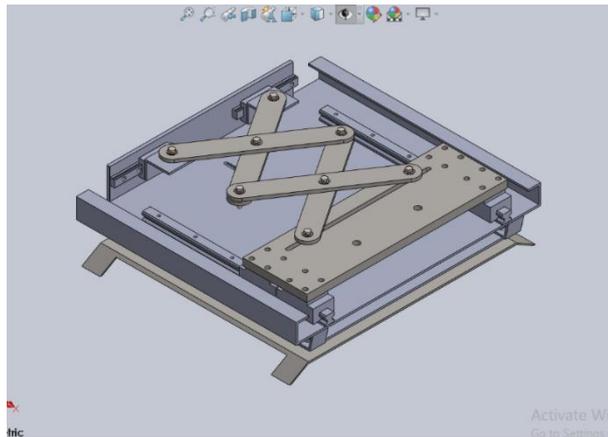
Tabel 3- 1 Faktor mekanik dan non mekanik material AISI 1020 *steel*
(Sumber : *Material properties Solidworks*)

Jenis	Modulus Elastisitas (Kgf/cm ²)	Kekuatan Luluh (Kgf/cm ²)	Kekuatan Tarik (Kgf/cm ²)	Harga (p x l x t) (10 x 10 x 5 mm)
AISI 1020 <i>steel</i>	2.039.432,43	3585.03	4287.98	Rp. 20.000

3.3.7 Desain dan Analisis

3.3.7.1. Desain 3 Dimensi

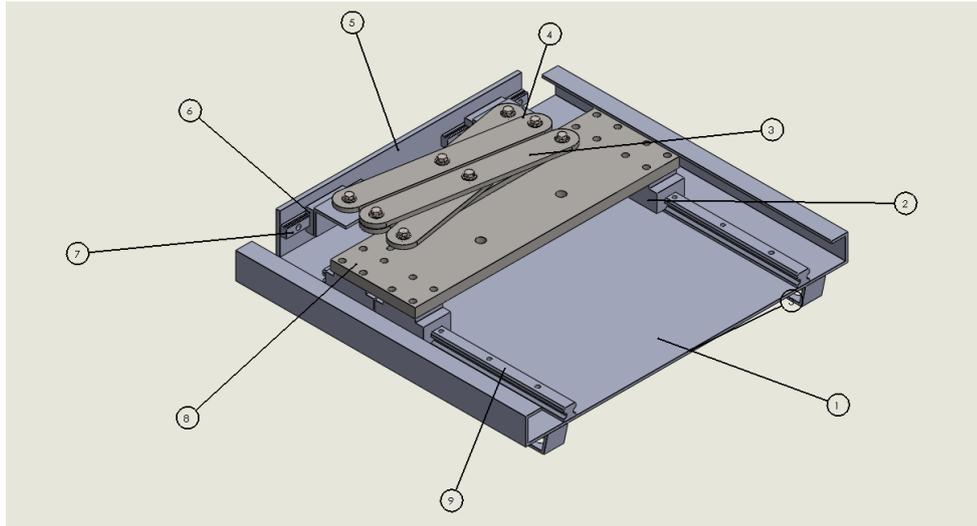
Setelah menemukan konsep kursi ramah difabel yang dapat menahan beban hingga 150 Kg, proses perancangan selanjutnya ialah melakukan design 3D menggunakan aplikasi *SolidWorks 2020*. Terdapat beberapa pertimbangan seperti peletakan *scissors* serta sambungan yang digunakan untuk menyambungkan *scissors* dengan kursi. Untuk dimensi setiap komponen dapat dilihat pada lampiran 2.



Gambar 3- 3 Desain 3D kursi ramah difabel

Komponen yang terdapat pada desain 3D kursi ramah difabel ialah sebagai berikut :

1. Komponen utama kursi ramah difabel

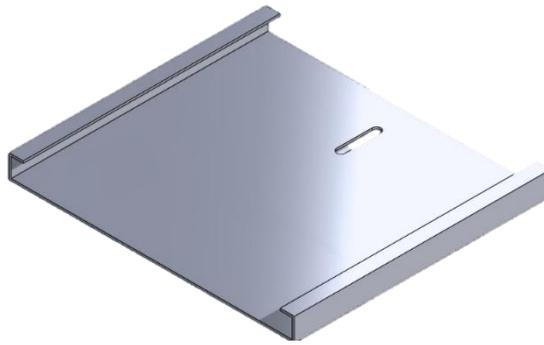


Gambar 3- 4 Komponen utama kursi ramah difabel

Tabel 3- 2 Komponen utama kursi ramah difabel

No.	Nama Komponen	Jumlah	Material
1.	Base bawah kursi ramah difabel	1	AISI 1020 <i>steel</i>
2.	<i>Block bearing</i> HGR15CA	4	<i>Stainless steel</i>
3.	Lengan <i>scissors</i>	4	AISI 1020 <i>steel</i>
4.	Base penyambung <i>linear guide</i> HGR12 ke lengan <i>scissors</i>	2	AISI 1020 <i>steel</i>
5.	Base <i>linear guide</i> HGR12	1	<i>Stainless steel</i>
6.	<i>Block bearing</i> HGH12CA	2	<i>Stainless steel</i>
7.	<i>Rail linear guide</i> HGR12	2	<i>Stainless steel</i>
8.	Base atas Penyambung <i>linear guide</i> ke base kursi	1	AISI 1020 <i>steel</i>
9.	<i>Rail linear guide</i> HGR15	2	<i>Stainless steel</i>

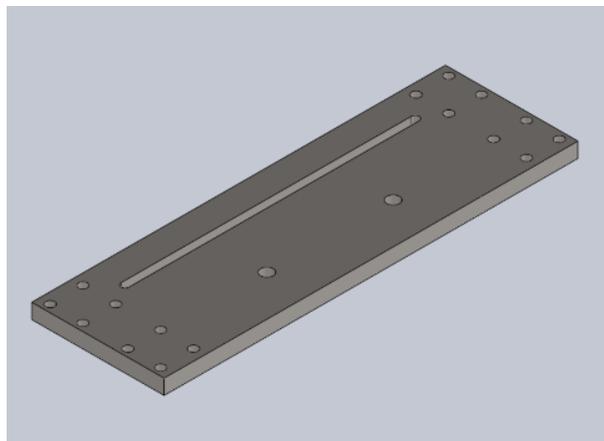
2. Base 1 kursi ramah difabel



Gambar 3- 5 Desain *base* awal kursi ramah difabel

Base awal kursi ramah difabel memiliki panjang x lebar x tinggi yaitu 400 x 360 x 30 mm dan pada bagian kanan dan kirinya terdapat plat yang ditekuk memiliki tinggi 30mm dan pada bagian atasnya memiliki panjang 20mm. Ukuran tersebut mengacu pada ruang yang dapat diisi pada mobil KIA Carnival yang dijelaskan pada subbab 3.3.4. Plat yang digunakan memiliki ketebalan 3mm. Pada bagian tengah belakang plat terdapat rongga slot dengan panjang yang berguna untuk menahan gerakan lengan *scissors* agar bergerak vertikal pada bagian tengahnya sehingga gerakan lengan bagian kanan dan kiri seimbang. Jenis plat yang digunakan ialah plat besi AISI 1020 yang cukup kuat untuk menahan beban sebesar 150kg.

3. Desain base atas Penyambung *linear guide* ke *base* kursi



Gambar 3- 6 Base atas Penyambung *linear guide* ke *base* kursi

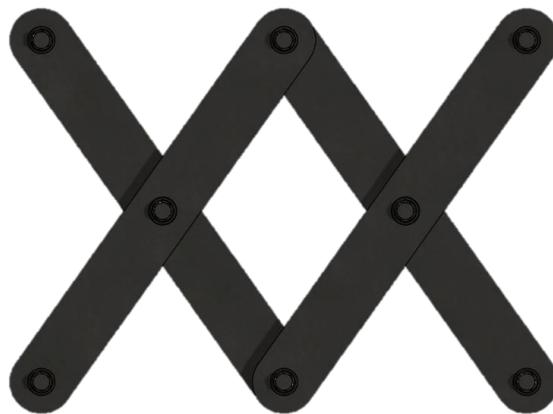
Pada bagian base ini memiliki panjang dan lebar sebesar 328 x 105 mm dan memiliki tebal 10mm, yang terlihat pada gambar 3-5. Base ini terhubung dengan 4

buah *block linear guide* HGR15CA pada bagian kanan dan kirinya. Penyambungan tersebut dihubungkan melalui lubang sebesar M5 x 5 dan M7 x 5 dimana lubang ini berfungsi agar baut rata dengan permukaan atas pada base ini. Kemudian terdapat dua rongga slot dengan panjang dan lebar yaitu 7 x 62 mm yang berfungsi untuk jalur dorongan dan tarikan lengan *scissors*. Kemudian terdapat 1 slot yang menghubungkan mekanisme Pantograf dengan base kursi mobil KIA Carnival.

4. Desain lengan *scissors*



Gambar 3- 7 Desain lengan *scissors*

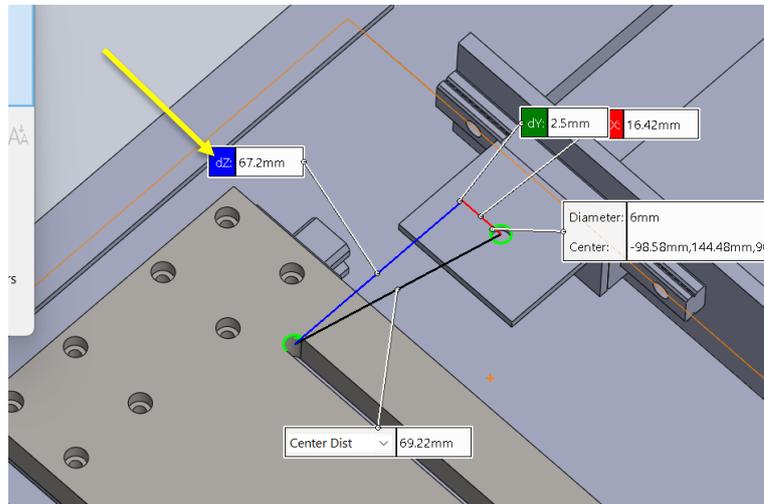


Gambar 3- 8 Lengan *scissors* yang dikaitkan

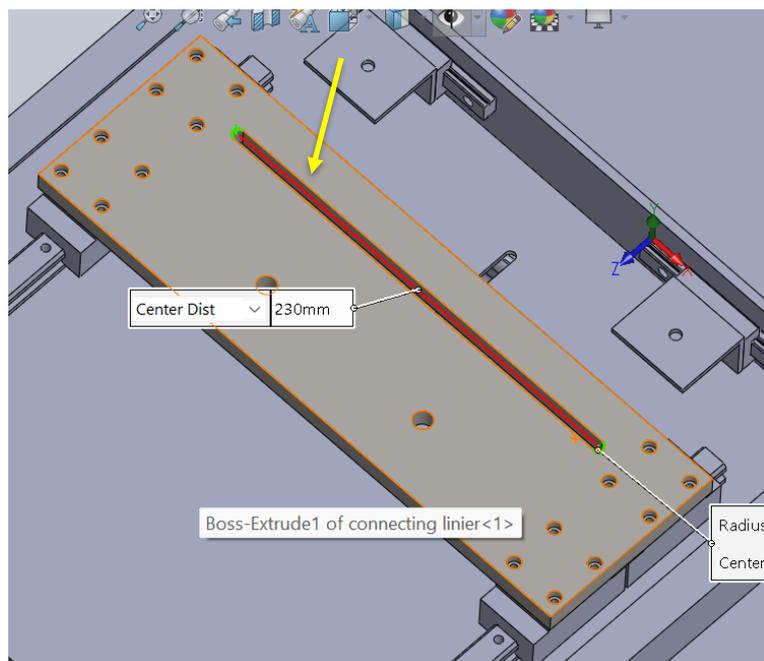
Lengan *scissors* digunakan untuk membantu gerakan linear guide dan base atas untuk menyambung ke base kursi bergerak secara seimbang pada bagian kanan dan kiri. Lengan *scissors* memiliki panjang sebesar 230mm dan lebar sebesar 30mm serta tebal sebesar 5 mm. Plat yang digunakan ialah plat besi AISI 1020. Ukuran panjang *scissors* disesuaikan dengan ruang pergerakan lengan *scissors*

agar tidak terjadinya tabrakan dengan *block linear guide* dan juga lebar saat posisi menutup sehingga cukup untuk diaplikasikan pada mekanisme kursi ramah difabel.

Penentuan ukuran pada lengan *scissors* didasari dengan perhitungan *pythagoras*. Terdapat dua perhitungan yaitu perhitungan panjang maksimal lengan *scissors* dan perhitungan untuk menentukan jumlah lengan *scissors*. Perhitungan maksimal lengan *scissors* ialah sebagai berikut:

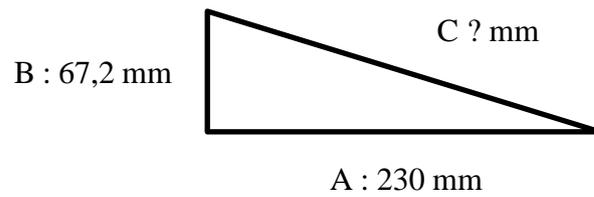


Gambar 3- 9 jarak base atas ke *connecting scissors*



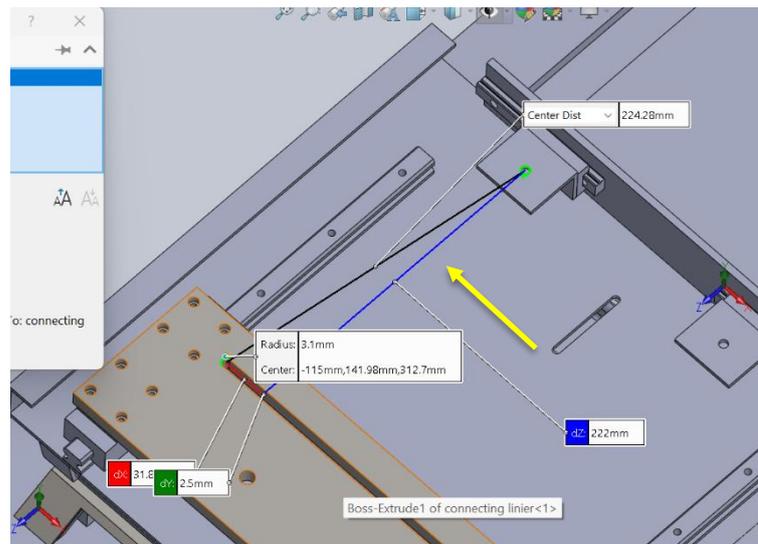
Gambar 3- 10 panjang *slot* pada *base* atas

Dapat dilihat pada gambar 3-9 dan 3-10 didapatkan ukuran untuk mencari panjang maksimal lengan *scissors*.

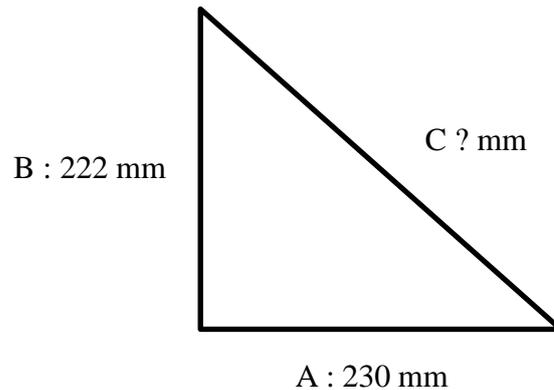


$$\begin{aligned}
 C^2 &= A^2 + B^2 \\
 C &= \sqrt{A^2 + B^2} \\
 C &= \sqrt{230^2 + 67,2^2} \\
 C &= \sqrt{57.415,8} \\
 C &= 239,62 \text{ mm} \\
 C &= 240 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, didapatkan hasil perhitungan jarak antar lubang lengan *scissors* yang dihasilkan maksimal 240mm. Kemudian dicari jumlah lengan *scissors* dengan menyesuaikan jarak *base* atas ke *connecting* lengan *scissors* yang terdapat pada gambar 3-10 dan 3-11.



Gambar 3- 11 Jarak maksimal dari *base* atas ke *connecting scissors*



$$C^2 = A^2 + B^2$$

$$C = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$C = \sqrt{230^2 + 222^2}$$

$$C = \sqrt{102.184}$$

$$C = 319,67 \text{ mm}$$

$$C = 320 \text{ mm}$$

Dikarenakan panjang maksimal pada perhitungan didapatkan sebesar 240mm dan hasil perhitungan pada jarak maksimal dari *base* atas ke *connecting* lengan *scissors* didapatkan sebesar 320mm dimana hasil tersebut lebih besar dari panjang maksimal. Maka dari itu, Hasil perhitungan untuk menentukan jumlah lengan dibagi dua dan didapatkan hasil sebesar 160mm yang didefinisikan menjadi panjang minimal lengan *scissors* dengan total lengan *scissors* berjumlah 4 lengan. Maka dari itu ditentukan jarak antar lubang lengan *scissors* dibuat dengan jarak 200mm dengan panjang total lengan *scissors* ialah 230mm.

Gerakan yang dihasilkan dari gerakan mekanisme *pantograf* ini ialah gerakan linear sebesar 155mm. Gerakan mekanisme ini sama seperti gerakan mekanisme gunting yang memanjang apabila lengan antar *scissors* yang berkaitan merapat dan memendek apabila lengan antar *scissors* membuka lebar.

3.3.7.2. Analisis Desain

Analisis yang dibutuhkan untuk kursi ramah difabel ini ialah analisis statis. Analisis statis dilakukan untuk mengetahui ketahanan struktur yang telah didesain dan dibuat untuk keadaan statis. Untuk analisis ini dipecah menjadi beberapa bagian. Bagian yang dianalisis ialah bagian yang menjadi part paling penting dalam

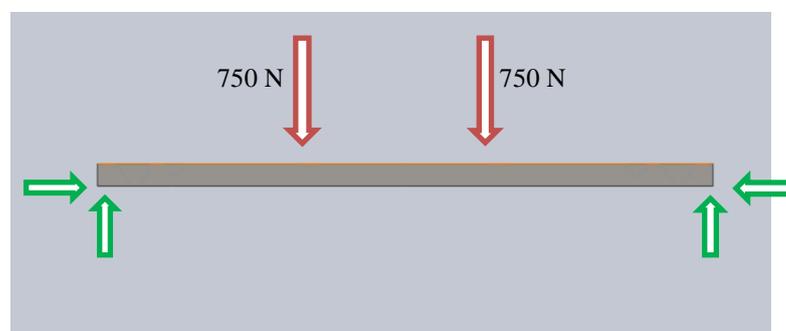
proses jalannya mekanisme kursi ramah difabel ini. Bagian yang penting ialah *Base* atas penyambung *linear guide* ke *base* kursi dan lengan *scissors*.

Beban yang diberikan pada analisis ini sebesar 1500 N. Material yang digunakan ialah menggunakan AISI 1020 *steel* yang sudah dijelaskan pada subbab 3.3.6. Berikut merupakan penjelasan dari hasil analisis yang dilakukan:

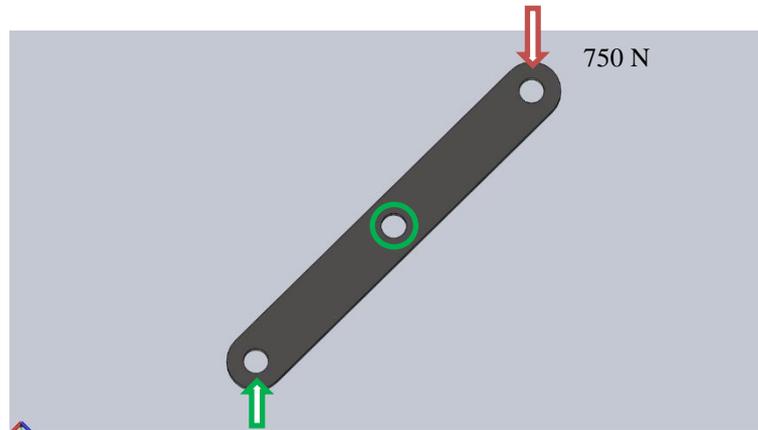
1. Diagram Benda Bebas

Sebelum dilakukan proses pembebanan dan tumpuan, perlu ditentukan peletakan beban sesuai dengan mekanisme ketika dijalankan. Penentuan peletakan tersebut dilakukan dengan membuat diagram benda bebas. Pada pembebanan diberikan pembebanan terpusat yang dibagi berdasarkan total beban yang diberikan yaitu sebesar 750 N. Tumpuan yang dibuat pada bagian kanan dan kiri pada *base* atas diletakkan sesuai dengan peletakan base atas pada mekanisme ini yaitu disambungkan ke *block linear guide*.

Pada lengan *scissors* diberikan beban terpusat yakni sebesar 750 N dikarenakan pembebanan diberikan ke dua buah lengan sehingga setiap lengannya memiliki pembebanan sebesar 750 N dan penumpuan pada bagian *fixed hinged* dan bagian belakang lengan yang disambungkan dengan *block linear guide*. Berikut ialah diagram benda bebas pada *base* atas dan lengan *scissors* yang terdapat pada gambar 3-12 dan 3-13.



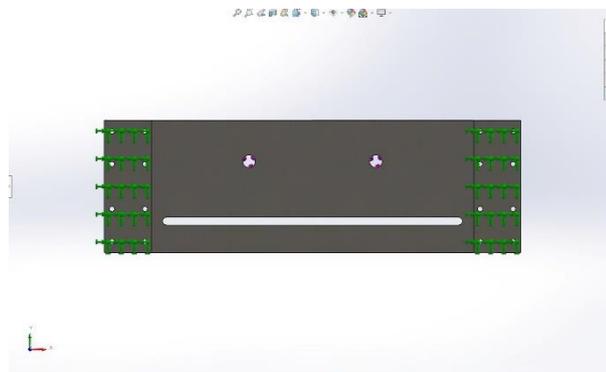
Gambar 3- 12 Diagram Benda Bebas pada *base* atas



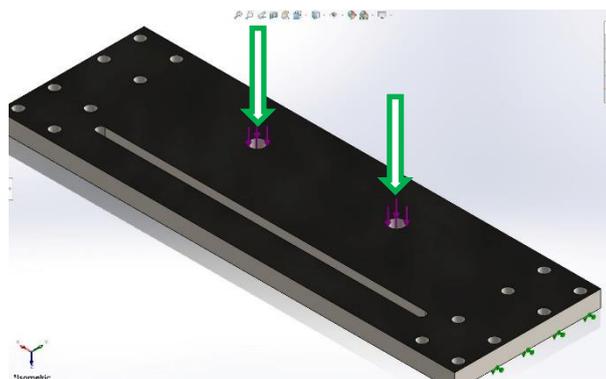
Gambar 3- 13 Diagram Benda Bebas pada lengan *scissors*

2. Proses pembebanan dan tumpuan

Peletakan gaya dan tumpuan pada komponen *base* atas diletakkan pada bagian permukaan di bagian bawah lubang dimana letak tersebut disesuaikan dengan *block linear guide*. Besar gaya yang diberikan pada *base* atas ini yaitu 1500 N sesuai dengan berat rata-rata orang Indonesia. Peletakan gaya dan tumpuan dapat dilihat pada gambar 3-14 dan 3-15.

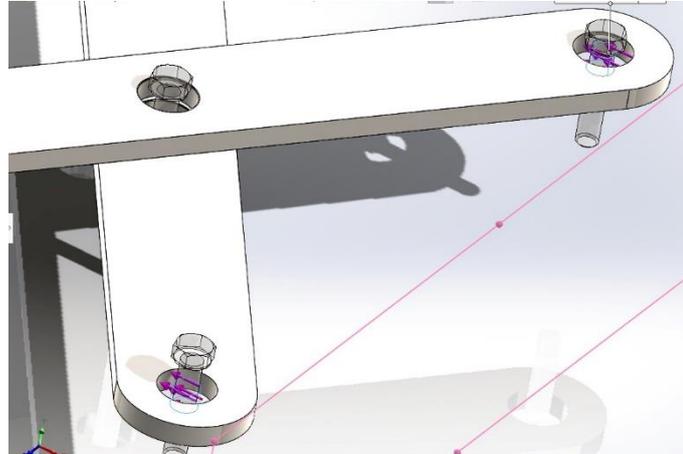


Gambar 3- 14 peletakan tumpuan pada *base* atas

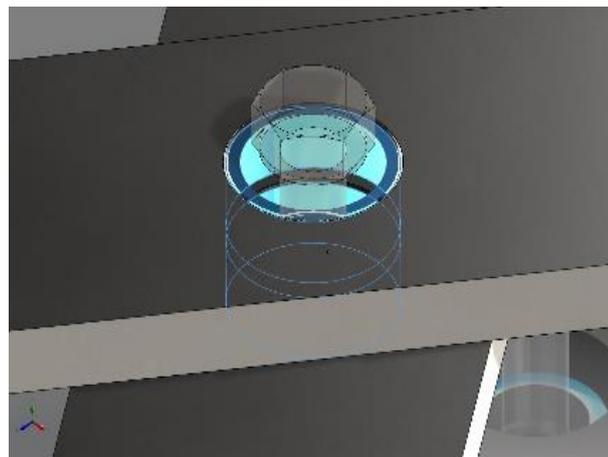


Gambar 3- 15 peletakan gaya pada *base* atas

Peletakan gaya pada lengan *scissors* yang berkaitan diletakkan pada bagian depan dikarenakan gaya yang diterima saat dijalankan mekanismenya ialah pada bagian tersebut. Untuk peletakan tumpuan terletak pada bagian tengah lengan yang menyambung antara kedua lengan *scissors*. Peletakan penumpuan dan pemberian gaya dapat dilihat pada gambar 3-16 dan 3-17.

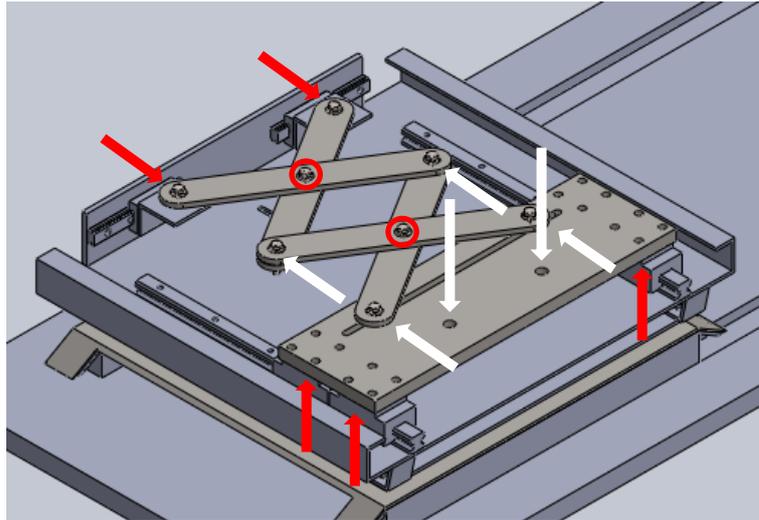


Gambar 3- 16 peletakan gaya pada lengan *scissors*



Gambar 3- 17 peletakan tumpuan pada lengan *scissors*

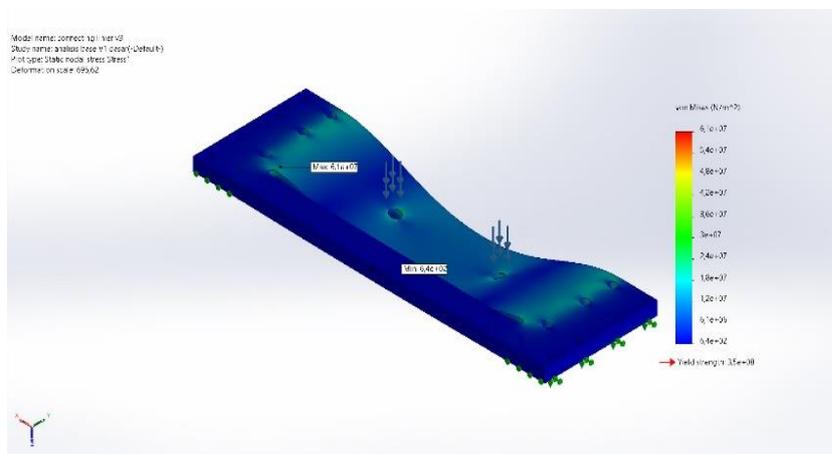
Peletakan Beban dan tumpuan juga dapat dilihat pada gambar 3-18 pada gambar desain yang sudah *diassembly*.



Gambar 3- 18 Gambar peletakan pembebanan dan penumpuan pada desain *assembly*

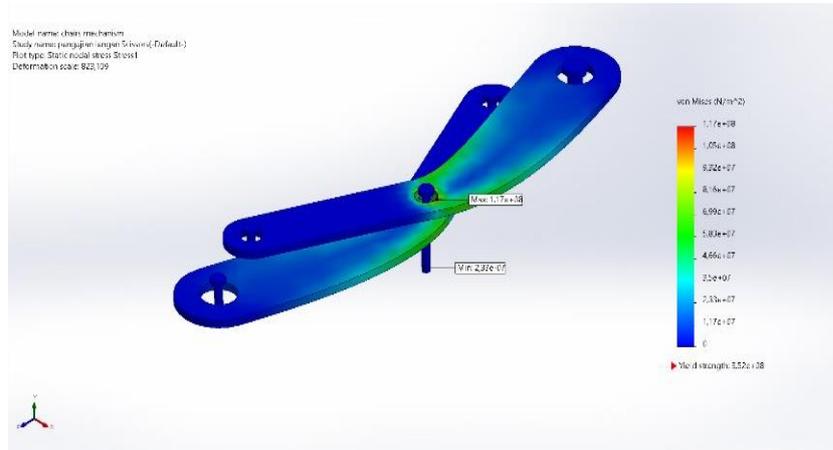
3. *Stress (von mises)* – Tegangan

Analisis tegangan ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tegangan yang didapat dan apakah hasil tersebut lebih besar dari kekuatan material. Nilai kekuatan luluh pada material AISI 1020 *steel* sebesar $3585,03 \text{ Kg/cm}^2$. Sedangkan nilai kekuatan luluh maksimal yang terletak pada bagian atas *base* atas yaitu sebesar $622,02 \text{ Kg/cm}^2$. Jadi hasil tegangan maksimal yang terjadi ialah sebesar 17,35% dari kekuatan luluh material AISI 1020 *steel*. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 3-19



Gambar 3- 19 Tegangan (*stress*) pada *base* atas

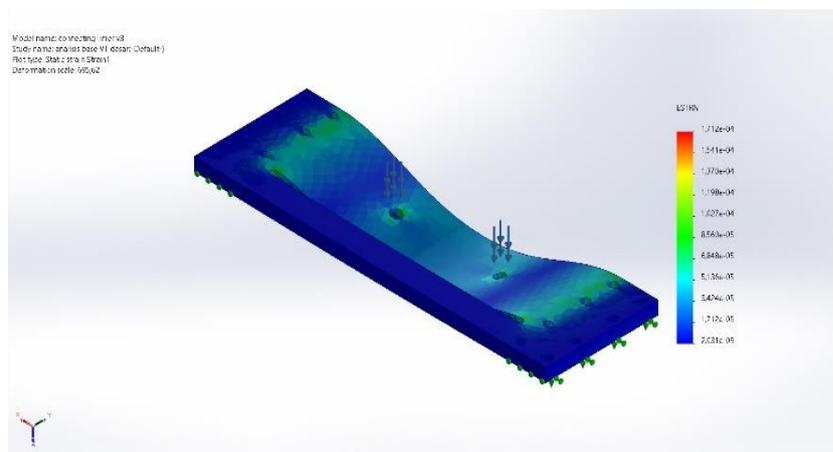
Pada hasil kekuatan luluh maksimal yang terjadi pada lengan *scissors* ialah sebesar $1193,06 \text{ Kgf/cm}^2$. Maka tegangan maksimal yang terjadi sebesar 33,27% dari kekuatan luluh material. Hasil analisis dapat dilihat pada gambar 3-20



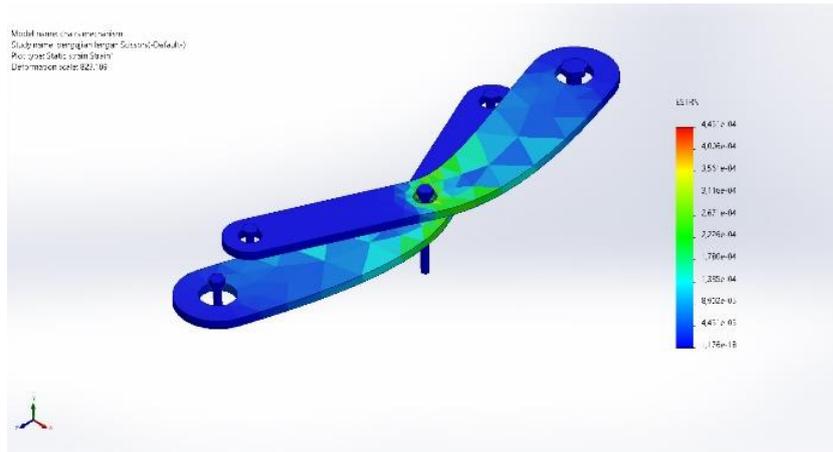
Gambar 3- 20 Tegangan (*stress*) pada lengan *scissors*

4. *Strain* – Regangan

Nilai regangan maksimal pada *base* atas yang dapat dilihat pada hasil analisis statis gambar 3-21. Maka dapat dilihat bahwa maksimal nilai elastis yang terjadi pada *base* atas sebesar $1,712 \times 10^{-4}$.



Gambar 3- 21 Regangan (*strain*) pada *base* atas

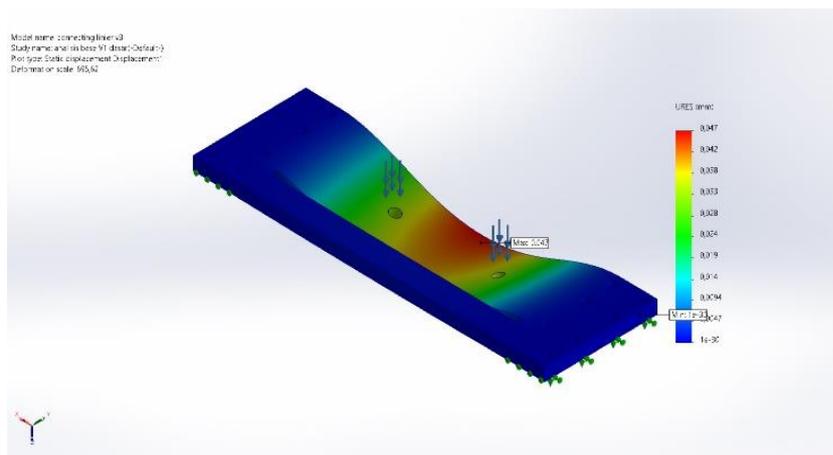


Gambar 3- 22 Regangan (*strain*) pada lengan *scissors*

Pada gambar 3-22 dapat dilihat hasil analisis regangan setelah diberikan pembebanan yaitu sebesar $4,451e^{-04}$ dimana nilai tersebut merupakan nilai maksimal elastisitas sebelum terjadinya patah.

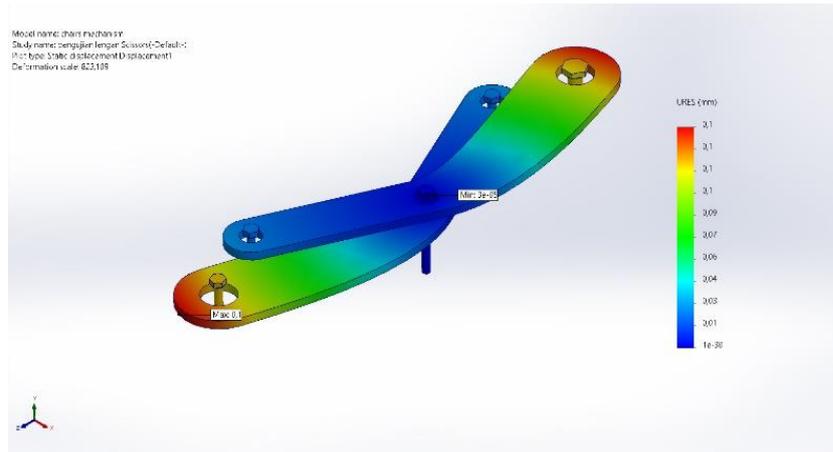
5. *Displacement* – Perubahan ukuran

Nilai perubahan jarak (*displacement*) maksimal yang terjadi pada *base* atas ialah sebesar 0,047mm.



Gambar 3- 23 Perubahan jarak (*displacement*) pada *base* atas

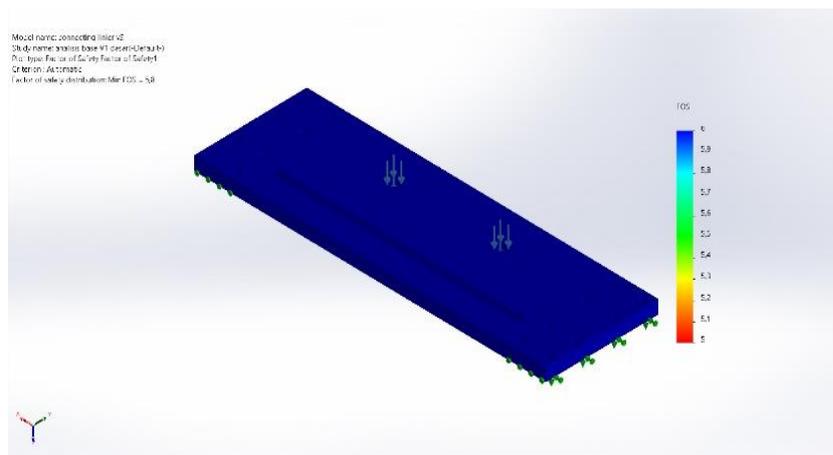
Pada lengan *scissors* didapatkan nilai perubahan jarak (*displacement*) maksimal yaitu sebesar 0,1mm



Gambar 3- 24 Perubahan jarak (*displacement*) pada lengan *scissors*

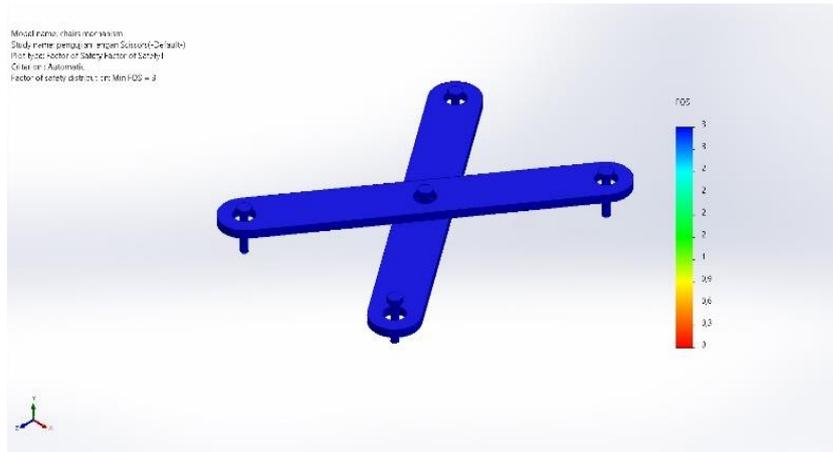
6. *Factor Of Safety* - Faktor keamanan

Nilai faktor keamanan (*Factor of Safety*) bertujuan untuk menunjukkan faktor tingkat kemampuan sebuah material yang dikaitkan dengan nilai tegangan ijin dan nilai tegangan terbesar. Pada *base* atas didapatkan nilai *FoS* ialah sebesar 5,8 dimana nilai tersebut didefenisikan mampu menahan beban lebih besar dari gaya analisis yang diberikan dikarenakan nilai *FoS* lebih dari 1.



Gambar 3- 25 Faktor keamanan (*FoS*) pada *base* atas

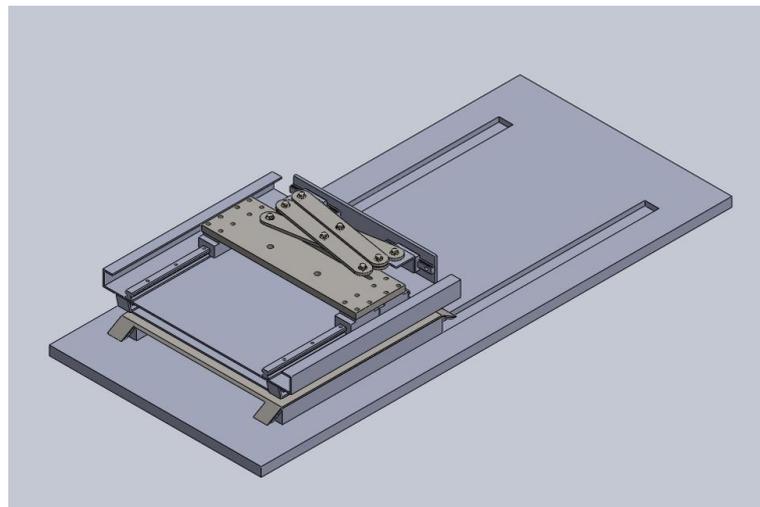
Untuk nilai *FoS* yang didapatkan pada lengan *scissors* sebesar 3 yaitu lebih besar dari 1. Maka dapat didefenisikan struktur ini mampu menahan beban lebih besar dari gaya analisis yang diberikan. Hasil analisis *FoS* dapat dilihat pada gambar 3-26.



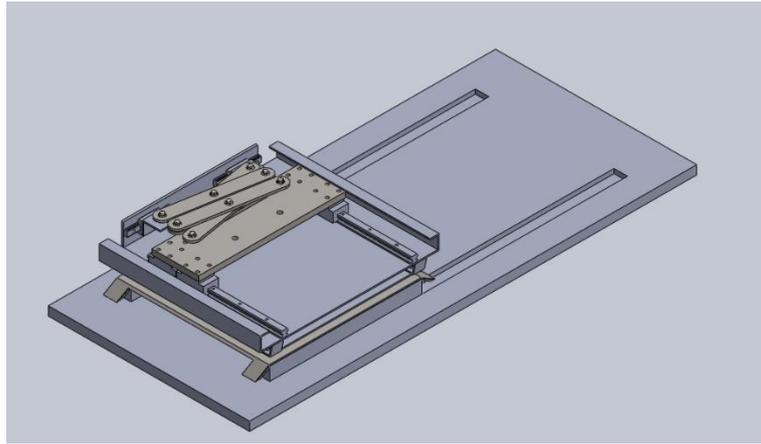
Gambar 3- 26 Faktor keamanan (FoS) pada lengan *scissors*

3.3.7.3. Hasil Gerakan pada desain

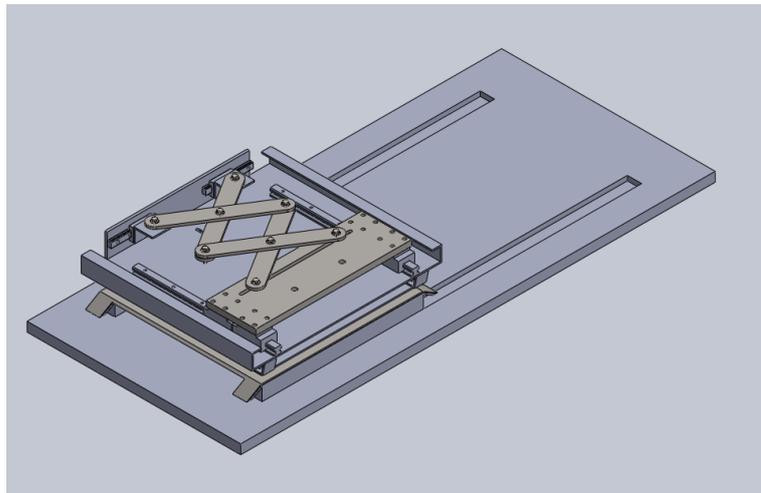
Gerakan yang dihasilkan oleh mekanisme pantograf dapat diaplikasikan pada base yang dapat dilihat pada gambar 3-27, 3-28, dan 3-29.



Gambar 3- 27 Posisi normal saat kursi posisi semula serta mekanisme pantograf posisi semula



Gambar 3- 28 Gerakan saat sudah berputar mengarah pintu mobil



Gambar 3- 29 Gerakan saat sudah berputar dan mekanisme sudah berjalan ke posisi maksimal

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

Hasil perancangan mekanisme kursi ramah difabel ini menampilkan proses pembuatan hingga proses perbaikan pada beberapa komponen sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

4.1.1 Proses pembuatan komponen utama

Proses pembuatan pembuatan komponen dilakukan dengan menggunakan bending plat yang dilakukan secara manual. Kemudian terdapat penyambungan *base linear guide* HGR12 dengan menggunakan las. Setelah itu melakukan proses membuat lubang untuk menyambungkan *shaft linear guide* HGR15 pada *base* bawah kursi ramah difabel. Berikutnya membuat lengan *scissors* sebanyak 4 buah yang nantinya dikaitkan satu dengan yang lainnya membentuk seperti gunting. Terakhir membuat *base* yang menyambungkan linear guide HGR15, lengan *scissors*, serta *base* kursi mobil KIA Carnival. Hasil dari pembuatan dapat dilihat pada gambar 4- 1 dan 4- 2.



Gambar 4- 1 Proses hasil *bending base* bawah kursi ramah difabel tampak depan
base bawah



Gambar 4- 2 Hasil dari proses bending

Pada bagian yang ditebuk terdapat kesalahan tekuk pada beberapa bagian akan tetapi diabaikan karena fungsi dari tekukan tersebut ialah dapat menutup bagian mekanisme yang terdapat pada bagian tengah dan juga untuk penahan apabila terjadinya kerusakan dan kursi akan tertahan pada bagian tersebut.



Gambar 4- 3 Hasil proses penyambungan belakang *base linear guide* HGR12 ke *base* bawah



Gambar 4- 4 Hasil proses penyambungan depan *base linear guide* HGR12 ke *base* bawah

Pengelasan yang dilakukan pada beberapa titik yang ditunjukkan pada gambar 4-3 dan gambar 4-4 Agar membuat *base linear guide* tetap lurus menggunakan mistar siku dan *linear guide* yang terpasang akan sejajar serta penyambungannya juga tidak miring saat dikaitkan dengan lengan *scissors*.



Gambar 4- 5 Hasil dari pemasangan *linear guide*

Linear guide yang terpasang memiliki jarak antar *shaft* sebesar 290mm dan jarak dari titik tengah *base* bawah kursi ramah difabel ialah sebesar 145mm. Pada jarak tersebut diasumsikan akan tersambung dengan *base* atas sehingga penumpuannya sejajar dan kuat.



Gambar 4- 6 Hasil dari pembuatan lengan *scissors*



Gambar 4- 7 Hasil penyambungan lengan *scissors*.

Pada lengan *scissors* yang terdapat pada gambar 4-6 dapat dilihat bahwa setiap lengan *scissors* memiliki 3 *bearing* yang berfungsi untuk mengurangi gesekan yang terjadi pada lengan *scissors* dan juga untuk mempermudah putaran yang terjadi antar lengan *scissors* saat dikaitkan. Penyambungan lengan *scissors* dengan yang lainnya terdapat pada gambar 4-7 dan dapat dilihat bahwa penyambungan harus setara dan tidak bertingkat agar mengurangi jarak antar lengan *scissors* pada bagian tengah dan juga agar tidak bertabrakan ketika dikaitkan oleh baut ataupun besi *shaft*.



Gambar 4- 8 Base atas Penyambung *linear guide* ke base kursi

Pada *base* atas kursi ramah difabel ini terdapat beberapa lubang dan *slot* yang berfungsi untuk menyambungkan *base* ini dengan *block linear guide* dan juga dengan lengan *scissors*. Lubang yang berfungsi untuk menyambungkan *base* atas dengan *block linear guide* berjumlah 16 lubang dengan ukuran 5mm dengan asumsi jarak antar *block linear guide* yaitu 5mm. Kemudian terdapat *slot* dengan panjang 230mm.

Dikarenakan *base* dengan desain yang terdapat pada gambar 4-8, jalur *shaft* yang berfungsi untuk menyambungkan antar lengan *scissors* tertahan dan

akibatnya lengan *scissors* tidak bisa membukakan lebih lebar dan panjang yang dihasilkan tidak maksimal. Maka dari itu dipotong menggunakan mesin gerinda dengan ukuran sesuai yang dibutuhkan oleh pergerakan lengan *scissors* yang hasilnya dapat dilihat pada gambar 4- 9.



Gambar 4- 9 *Base* atas yang sudah dipotong bagian tengahnya



Gambar 4- 10 Hasil pemasangan *base* atas dengan *block linear guide*

Pemasangan *base* atas penyambung *linear guide* ke base kursi yang dirancang seperti pada gambar 4-10 memiliki kendala yaitu lubang yang menyambungkan ke *block linear guide* HGR15 tidak presisi sehingga *block* saat didorong atau ditarik tidak seimbang antara kanan dan kirinya. Hal ini dikarenakan proses pembuatan *base* yang tidak sejajar pada saat proses pengeboran dan sulit untuk menemukan garis acuan untuk pengukuran dari sisi samping dari *base* atas tersebut karena hasil dari potongan yang tidak rata.

Selain itu terdapat kesalahan pada bagian *base* atas yang menyebabkan pertambahan panjang yang tidak sejajar pada bagian *block linear guide* kanan dan kiri. Hal ini terjadi juga dikarenakan sisi samping yang menjadi acuan tidak rata sehingga mengakibatkan pemotongan bagian slot dan tengah yang tidak rata. Faktor ini dapat mempengaruhi kursi saat proses mekanisme berjalan dimana

posisi kursi akan terlihat miring dan tidak presisi yang menimbulkan tidak maksimalnya mekanisme saat berjalan.

Pada slot di sisi bagian kanan (jalur *scissors* pada bagian kanan) memiliki jarak dari sisi belakang yaitu sebesar 19mm, sedangkan jarak dari slot bagian kiri (jalur *scissors* pada bagian kiri) yaitu sebesar 22mm dan dapat diketahui perbedaannya yaitu sebesar 3mm.



Gambar 4- 11 Hasil pemotongan *slot base* atas

Pada pemotongan bagian tengah yang terdapat pada gambar 4-11 dapat terjadinya perubahan bentuk dalam waktu yang tidak bisa ditentukan. Hal ini dikarenakan hasil pemotongan slot yang pertama menyambung panjang dan saat dipotong pada bagian tengahnya tidak ada sambungan untuk menutup *slot* yang sudah terputus.

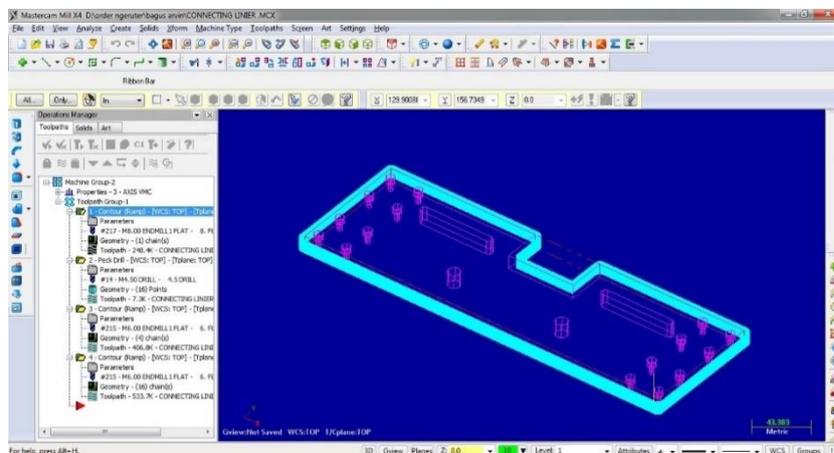
Hal ini dapat ditunjukkan berdasarkan hasil analisis perpindahan jarak (*displacement*) yang terletak pada jalur lengan *scissors* (dapat dilihat pada halaman lampiran) yaitu sebesar 0,057mm. Maka dari itu perbaikan dilakukan dengan membuat ulang *base* atas penyambung *linear guide* ke *base* kursi dengan proses pemesinan CNC dengan kebutuhan yang sesuai agar hasil yang didapatkan lebih presisi dan sesuai yang diinginkan.

Proses CAM diawali dengan menggunakan software *mastercam mill X4* yang menghasilkan *NC Code* untuk beberapa proses pemesinan. Proses beserta data pemesinan dapat dilihat pada tabel 4-1 Proses pemesinan CNC dilakukan menggunakan mesin CNC yang terlihat pada gambar 4-13 dan hasilnya dapat dilihat pada gambar 4-15

Tabel 4- 1 Data proses CAM serta proses pemesinan CNC

No	Strategi	Mata Pahat	Strategi	Feed rate (mm/mnt)	Plunge Rate (mm/mnt)	Kecepatan spindle (rpm)	Waktu (menit)
1	Contour (Ramp)	Endmill 8mm	Contour	750	250	3500	40
2	Peck Drill	Drillbit 4,5mm	Drill	-	100	1250	8
3	Peck Drill	Drillbit 10mm	Drill	-	100	800	2
4	Contour (Ramp)	Endmill 6mm	Contour	750	250	3500	18
5	Contour (Ramp)	Endmill 6mm	Contour	250	250	3500	16

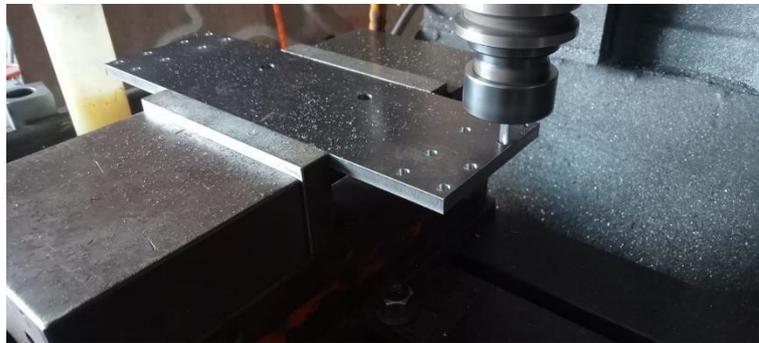
Berikut ialah proses CAM dan proses pemesinan CNC pada komponen *base* atas :



Gambar 4- 12 Gambar Proses CAM pada *base* atas



Gambar 4- 13 Mesin CNC yang digunakan



Gambar 4- 14 Proses CNC pada *base* atas



Gambar 4- 15 Hasil dari pemesinan CNC pada komponen *base* atas

Hasil analisis perubahan jarak (*displacement*) yang terjadi pada *base* atas yang telah diperbaiki yaitu sebesar 0,002mm sehingga hasil analisis perubahan jarak

(*displacement*) pada *base* setelah dilakukan perbaikan lebih rendah dari hasil analisis perubahan jarak (*displacement*) pada *base* sebelum dilakukan perbaikan(dapat dilihat pada halaman lampiran). Untuk gambar proses manufaktur selengkapnya dapat dilihat pada lampiran 1.

4.1.2 Penambahan part pembatas *Linear Guide*

Penahan *linear guide* perlu ditambahin agar *block linear guide* tidak keluar saat mekanisme berjalan. Penahan linear guide ini dibuat menggunakan material AISI 1020 *steel* dan memiliki ketebalan plat yaitu 5mm.



Gambar 4- 16 Komponen Pembatas *linear guide*

Penahan *linear guide* ini memiliki tinggi 30mm dan lebar sebesar 30mm seperti yang terlihat pada gambar 4-16. Tinggi komponen tersebut disesuaikan dengan tinggi *block linear guide* saat terpasang pada *shaft*nya.

4.2 Hasil Akhir Pembuatan Kursi Ramah Difabel

Hasil dari perakitan seluruh komponen yang sudah dibuat sesuai dengan perancangan dan perbaikan dapat dilihat pada gambar 4-17. Pada gambar tersebut, semua komponen telah digabungkan.



Gambar 4- 17 Hasil perakitan komponen mekanisme kursi ramah difabel

4.3 Hasil Pengujian



Gambar 4- 18 Pengukuran setelah diberi pembebanan manusia seberat 100Kg

Dari hasil pengukuran jarak antara *base* atas dan *base* bawah didapatkan nilai sebesar 28mm sebelum diberi pembebanan pada *base* atas. Kemudian dilakukan pengukuran jarak setelah diberi pembebanan seberat 100Kg dan didapatkan hasil sebesar 28mm. Maka dari itu dapat dilihat bahwa tidak ada perubahan jarak antara *base* atas dan *base* bawah sebelum dan setelah diberi pembebanan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari proses perancangan yang telah dilakukan yaitu perancangan struktur mekanik kursi ramah difabel dengan adaptasi mekanisme Pantograf, terdapat beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Perancangan kursi ramah difabel dapat dilakukan pada mobil KIA Carnival 2001,
2. Untuk mengatasi permasalahan ruang dan gerakan mekanisme dapat menggunakan mekanisme pantograf,
3. Proses manufaktur pada kursi ramah difabel dapat dilakukan dengan bahan yang mudah dijangkau serta alat yang mudah dioperasikan,
4. Pada proses *assembly* terdapat beberapa permasalahan sehingga dilakukan proses modifikasi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, masih terdapat kekurangan dan dapat dilakukan penyempurnaan dan pengembangan lanjutan, yaitu :

1. Melakukan perbaikan pada *shaft* untuk memperkuat kekuatan saat mekanisme berjalan.
2. Menambahkan penggerak linear dengan spesifikasi motor yang sesuai untuk menggerakkan mekanisme serta dapat menahan berat rata-rata masyarakat Indonesia.
3. Melakukan pengembangan pada mekanisme agar kursi dapat digunakan sebagai kursi roda di luar bagian mobil.
4. Melakukan pengembangan terhadap dimensi mekanisme kursi ramah difabel sehingga dapat disesuaikan dengan segala jenis mobil yang menggunakan *sliding door*.

DAFTAR PUSTAKA

- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2016 Tentang Penyandang Disabilitas
- Muqodimah, Fitri Nur. (2018). Perancangan Alat Bantu bagi Pengguna Kursi Roda untuk Keluar Masuk Mobil dengan Studi Komparasi Menggunakan AHP Method dan Delphi Method.
- Elsya, S., Jecky, A., & Abd, F. (2022). Prosiding Seminar Nasional (Flywheel Energy Storage System) Sebagai. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi Terapan (SNITT)*.
- Listyanto, Adhy Tyas Budi (2013). Rancangan Alat Bantu Bagi Difabel Cacat Kaki Pada Mini Bus.
- Adam, A. H. (2018). Perancangan Mobil Yang Ergonomis Pada Bagian Penumpang Untuk Difabel Daksa Dan Netra Dengan Pendekatan Hoq. 68.
- P., Hoo Gie, T., & Jonoadji, N. (2015). Pengangkatan Dan Pembuatan Mekanisme Pengangkatan Jok Mobil Untuk Difabel. Publication.Petra.Ac.Id, 1–4.
- Boopathi, M., Manikandan, G., Dhanush Guru, R., Anson, S. R., Sudhakar, S., & Logesh, S. (2023). A Critical Review of Multiway Adjustable Car Seats for Physically Challenged. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 273–284. https://doi.org/10.1007/978-981-99-1665-8_24
- Hidayah, Annisa Nurul. (2016). PERANCANGAN SCISSORS LIFT PADA KENDARAAN GARBARATA., 152(3), 28.
- Suwarno, D. U., Paingan, K., & Verma, M. (2019). ANALISIS GEOMETRI PADA ROBOT PENGGAMBAR.

- Purwanto, 2004, Menumbuhkan Perspektif Difabel untuk Mewujudkan Masyarakat Inklusi, Yogyakarta: Makalah
- Miarppa, F. K., B. Kristyanto. (2016). Perancangan Sepeda Motor Roda Tiga Untuk Kaum Difabel. 284–290.
- Aksan, Fiky Darmawan. (2023). Rancang Bangun Alat Kondisi Tubuh Berbasis Arduino Uno.
- Kolbasin, I., & Husu, O. (2017). Computer-aided design and Computer-aided engineering. MATEC
- Nur Syamsudin, Aulia Abdi. (2021). Perancangan Struktur Mekanik Mesin Uji Tarik dengan Kapasitas 150 kgf. Universitas Islam Indonesia.
- Setyoadi, Y., & Latifah, K. (2015). Integrasi Software CAD-CAM dalam Sistem Operasi Mesin Bubut CNC. Jurnal Informatika UPGRIS.

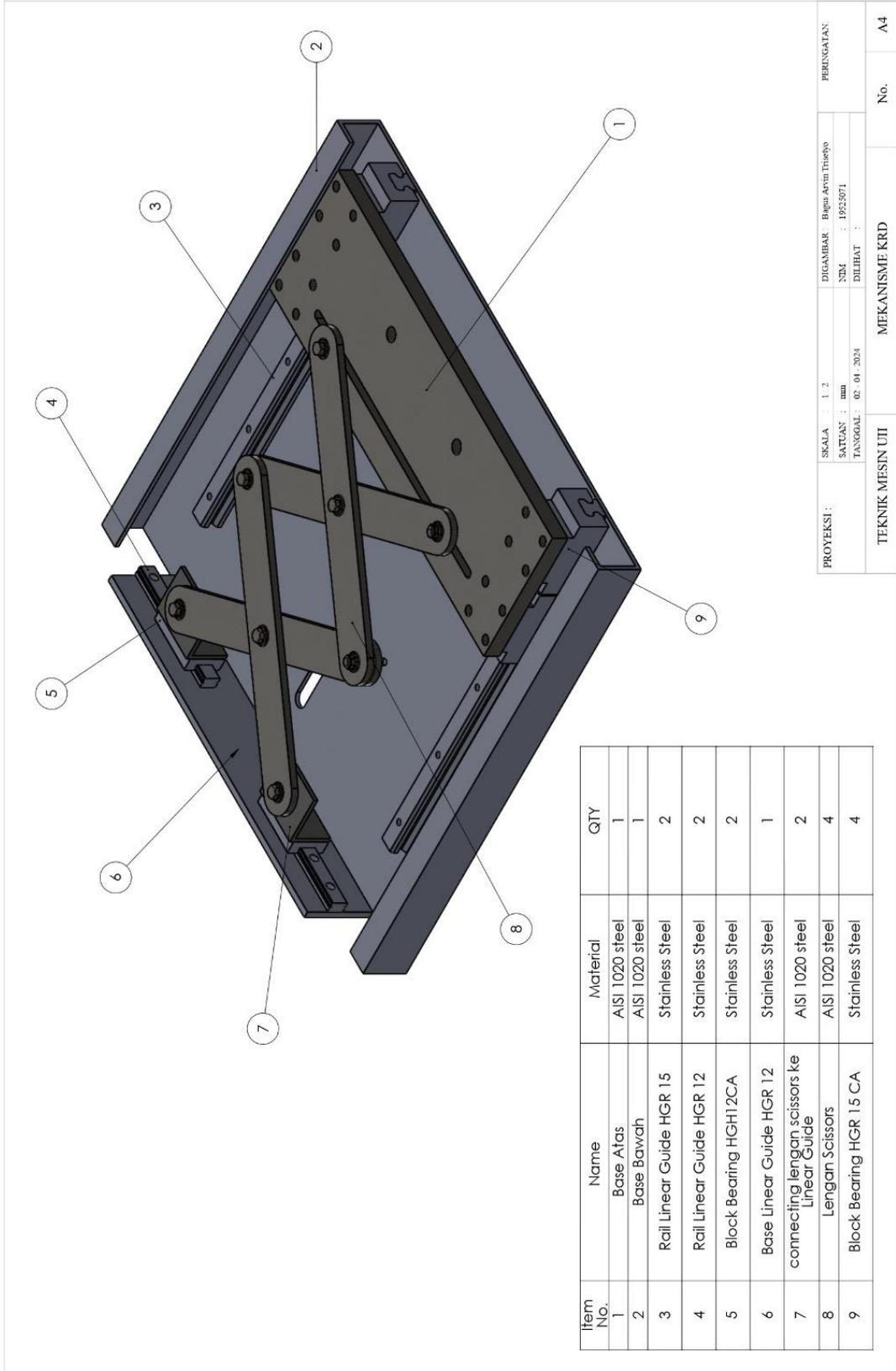
LAMPIRAN 1
PROSES MANUFAKTUR

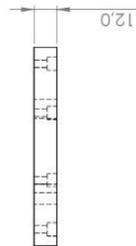
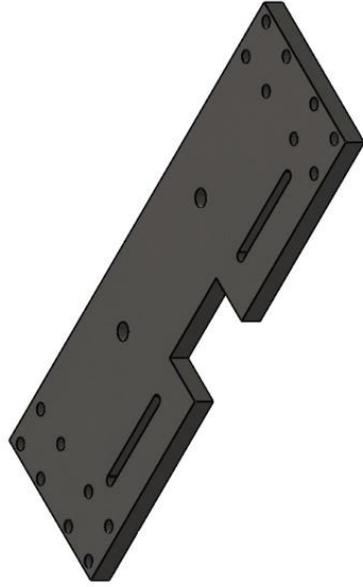
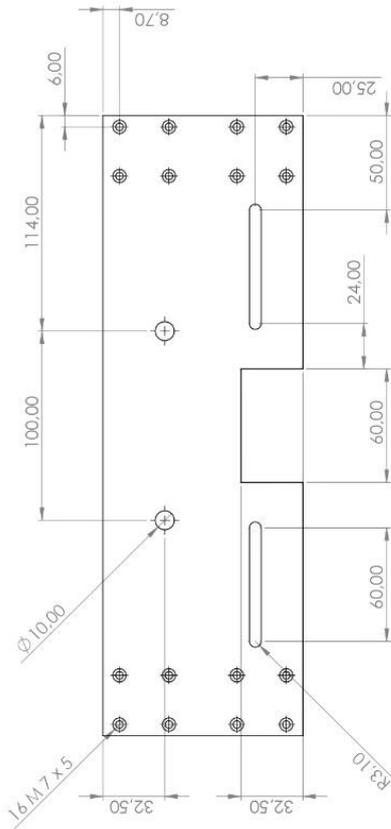
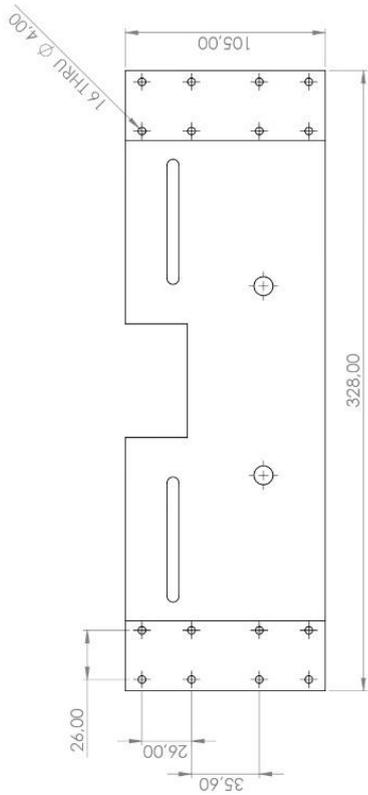




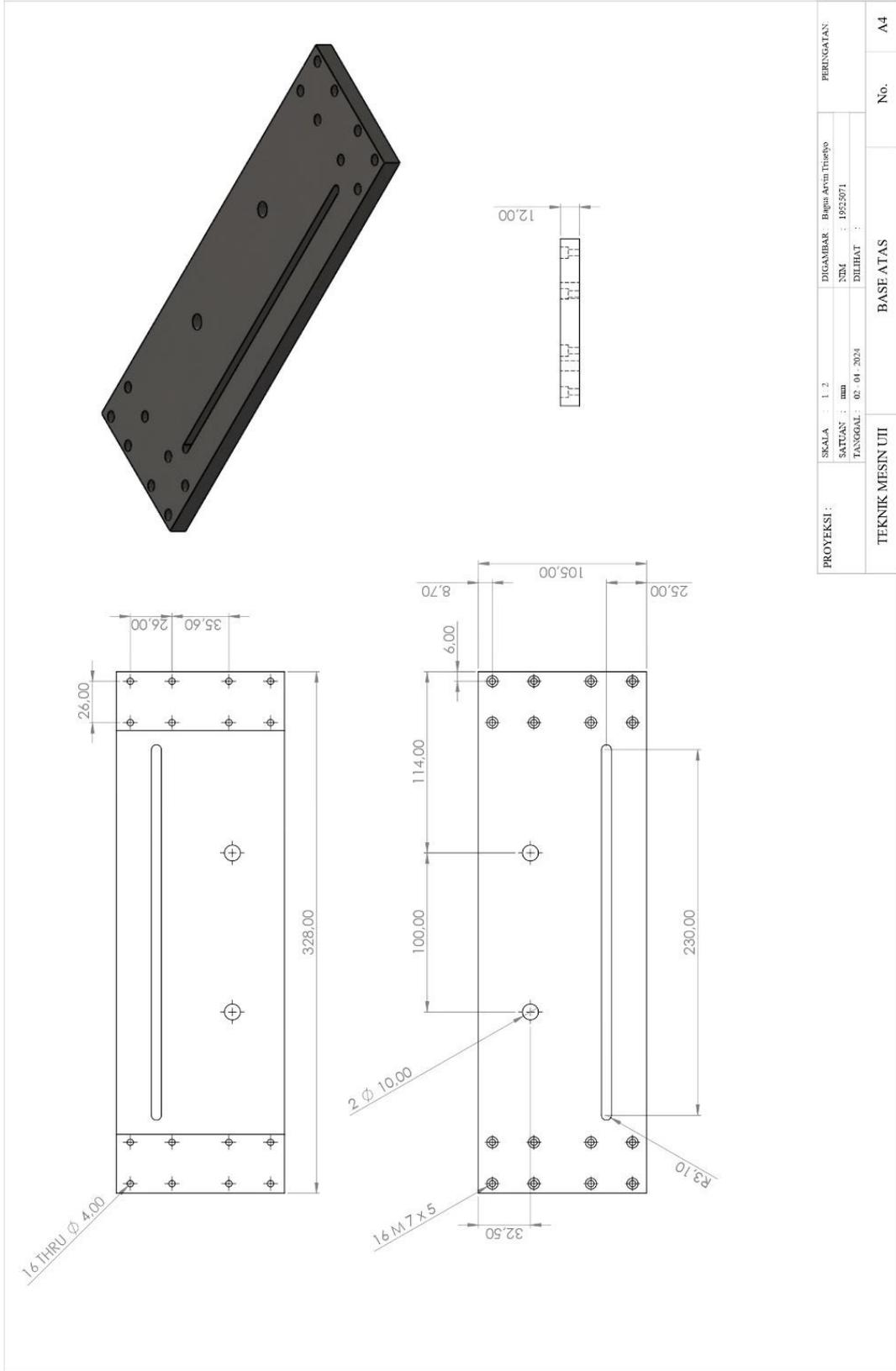


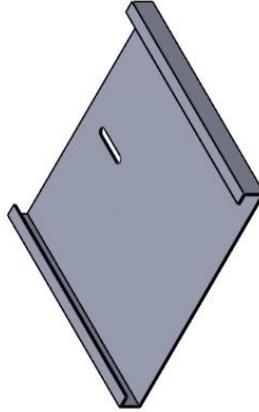
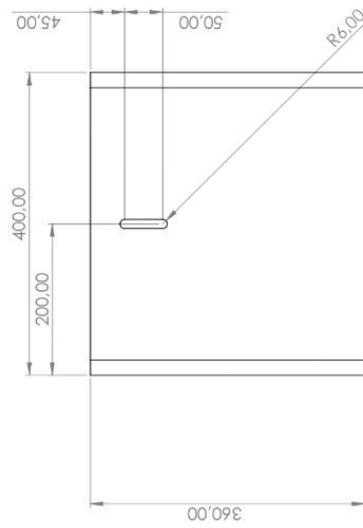
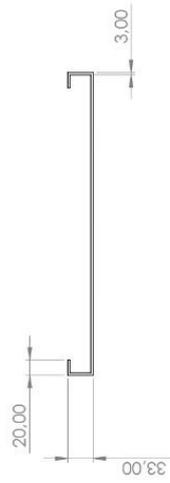
LAMPIRAN 2
DIMENSI KOMPONEN



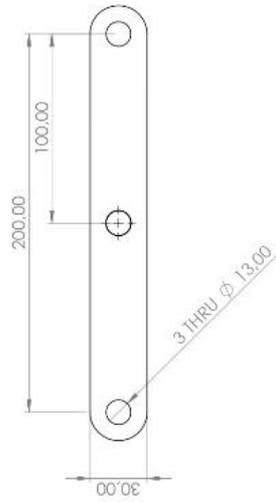


PROYEKSI :	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR :	Bigus Arim Triseyo	PERINGATAN :
	SATUAN : mm	NIM :	19525071	
	TANGGAL : 02.04.2024	DILIHAT :		
TEKNIK MESIN UII			BASE ATAS BARU	No. A4





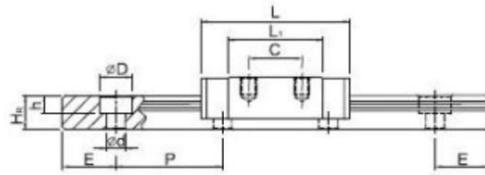
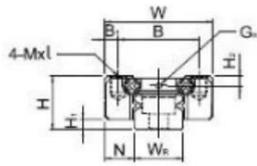
PROYEKSI :	SKALA : 1 : 5	DIGAMBAR : Bagas Arvin Triwiyono	PERINGATAN :
	SATUAN : mm	NIM : 19825071	
	TANGGAL : 02-04-2024	DILIHAT :	
TEKNIK MESIN UII		BASE BAWAH	No. A4



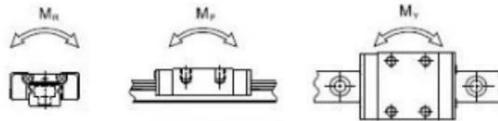
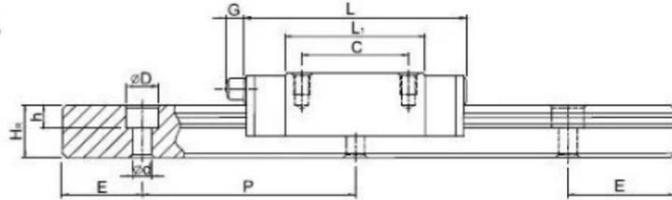
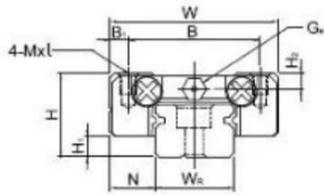
PROYEKSI :	SKALA : 1 : 2	DIGAMBAR : Bagus Arin Imelvo	PERENCANA :
	SATUAN : mm	NIM : 19122071	
	TANGGAL : 02-04-2024	DESIKAT :	
TEKNIK MESIN UII		Lengan Scissors	No. A4

MGN-C / MGN-H

MGN7, MGN9, MGN12

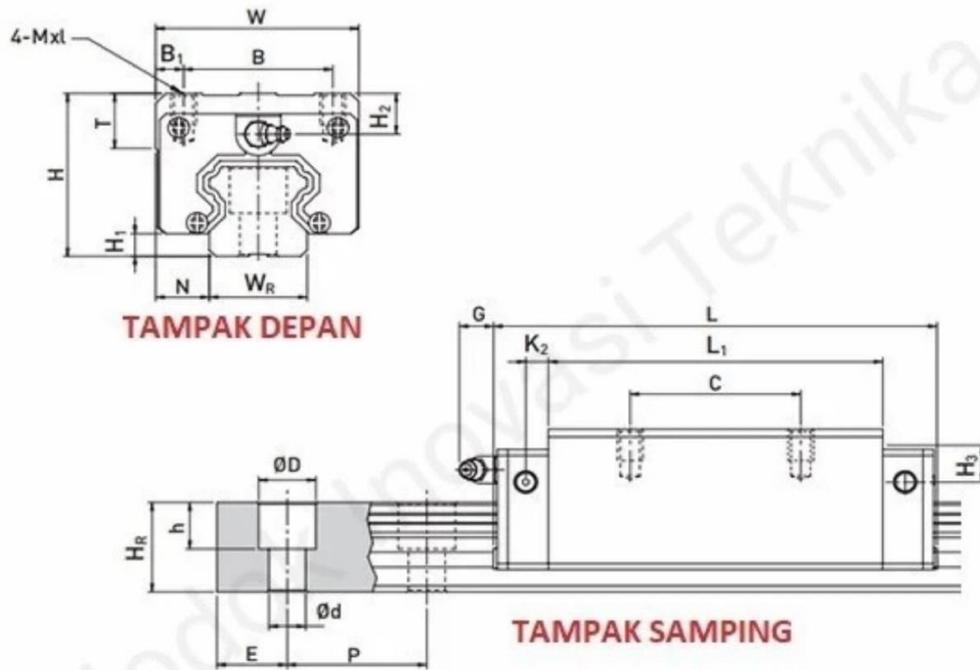


MGN15



型號	組件尺寸 (mm)		滑塊尺寸 (mm)										滑軌尺寸 (mm)		滑軌的固定螺栓尺寸	基本動靜定負荷	基本靜靜定負荷	容許靜力矩			重量							
	H	H ₁	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	G	G ₁	Mxl	H ₁	W ₁	H ₂	D	h	d	P	E	[mm]	C [kN]	C ₁ [kN]	M _x N-m	M _y N-m	M _z N-m	滑塊 kg	滑軌 kg/m
MGN 7C	8	1.5	5	17	12	2.5	8	12.5	22.5	-	Ø1.2	M2x2.5	1.5	7	4.8	4.2	2.3	2.4	15	5	M2x6	0.98	1.24	4.70	2.84	2.84	0.010	0.22
MGN 7H							13	21.8	30.8													1.37	1.96	7.64	4.80	4.80	0.015	
MGN 9C	10	2	5.5	20	15	2.5	10	18.9	28.9	-	Ø1.4	M3x3	1.8	9	6.5	6	3.5	3.5	20	7.5	M3x8	1.86	2.55	11.76	7.35	7.35	0.016	0.38
MGN 9H							16	29.9	39.9													2.55	4.02	19.60	18.62	18.62	0.026	
MGN 12C	13	3	7.5	27	20	3.5	15	21.7	34.7	-	Ø2	M3x3.5	2.5	12	8	6	4.5	3.5	25	10	M3x8	2.84	3.92	25.48	13.72	13.72	0.034	0.65
MGN 12H							20	32.4	45.4													3.72	5.88	38.22	36.26	36.26	0.054	
MGN 15C	16	4	8.5	32	25	3.5	20	26.7	42.1	4.5	M3	M3x4	3	15	10	6	4.5	3.5	40	15	M3x10	4.61	5.59	45.08	21.56	21.56	0.059	1.06
MGN 15H							25	43.4	58.8													6.37	9.11	73.50	57.82	57.82	0.092	

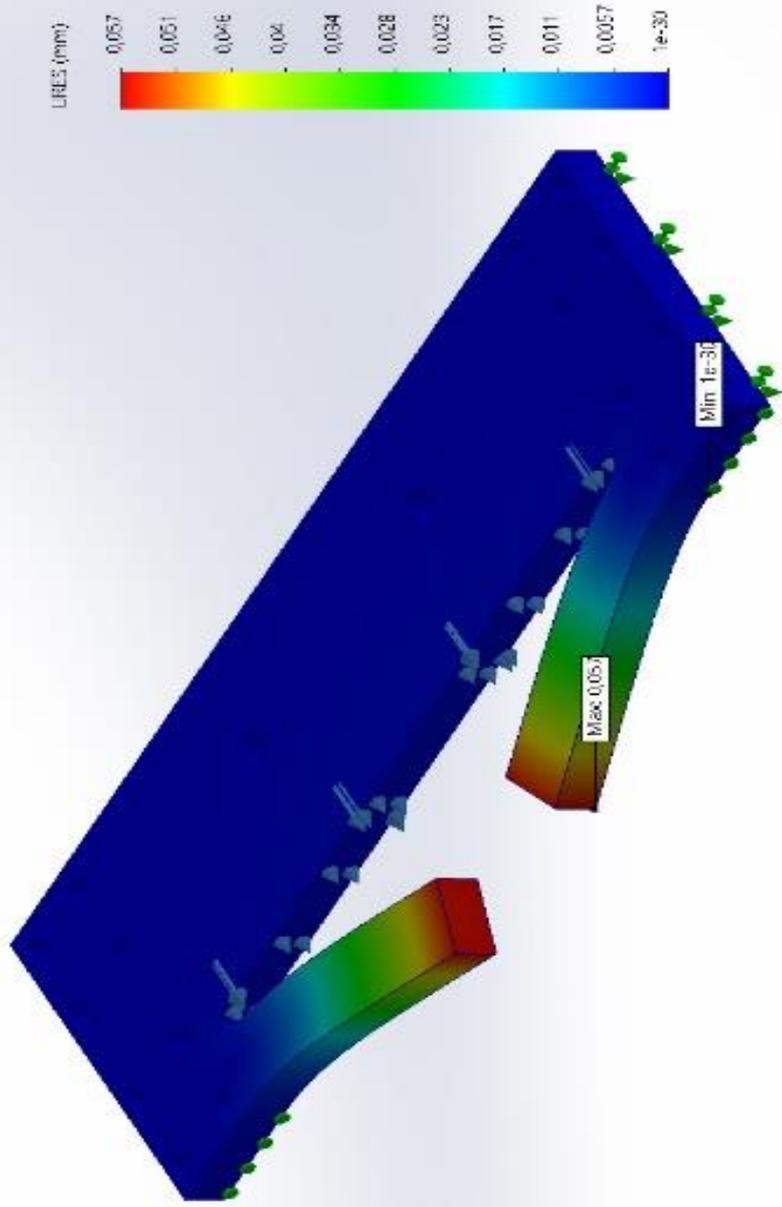
註：1 kgf = 9.81 N



	DIMENSI BLOCK														DIMENSI AS/SHAFT									
	H	H ₁	N	W	B	B ₁	C	L ₁	L	K ₁	K ₂	G	MxL	T	H ₂	H ₃	W _R	H _R	D	h	d	P	E	(mm)
HGH 15CA	28	4.3	9.5	34	26	4	26	39.4	61.4	10	4.85	5.3	M4x5	6	7.95	7.7	15	15	7.5	5.3	4.5	60	20	M4x16

LAMPIRAN 3
Hasil Analisis

Model name: connecting_liner_v3
Study name: anal_1/s1_pembanding_v2(Default)
Plot type: Static displacement [Displacement]
Deformation scale: 582.667



Model name: connecting_links_v3
Study name: Anal_165_ambienting_v3(-Default)-
Plot type: Static displacement 2 (placement:1)
Deformation scale: 15.2397

