



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - VM191879

**PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA KONSTRUKSI
STASIUN PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK (iCharger)
DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN
MENGUNAKAN MOTOR SEBAGAI PENGGERAK FRAME
PANEL SURYA**

Disusun Oleh:

Bryan Alie Ibnu Khoiruman

10211710013019

Dosen Pembimbing I:

Hendro Nurhadi, Dipl.ing.PhD

NIP. 19751120 200212 1 002

Dosen Pembimbing II:

Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT

NIP. 19621114 199003 1 002

PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI

FAKULTAS VOKASI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2022



TUGAS AKHIR - VM191879

**PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA KONSTRUKSI STASIUN
PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK (ICharger) DENGAN METODE
ELEMEN HINGGA DAN MENGGUNAKAN MOTOR SEBAGAI
PENGGERAK FRAME PANEL SURYA**

**Bryan Alie Ibnu Khoiruman
10211710013019**

**Dosen Pembimbing I:
Hendro Nurhadi, Dipl.ing.PhD
19751120 200212 1 002**

**Dosen Pembimbing II:
Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT
NIP. 19621114 199003 1 002**

**PROGRAM STUDI S1 TERAPAN TEKNOLOGI REKAYASA
KONVERSI ENERGI
Departemen Teknik Mesin Industri
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
SURABAYA
2022**



Final Project - VM191879

**STRUCTURAL PLANNING OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING
STATION (ICharger) CONSTRUCTION FRAME USING THE
FINITE ELEMENT METHOD AND USING THE MOTOR AS A
SOLAR PANEL FRAME PRODUCER**

**Bryan Alie Ibnu Khoiruman
10211710013019**

**Counsellor Lecturer I:
Hendro Nurhadi, Dipl.ing.PhD
19751120 200212 1 002**

**Counsellor Lecturer II:
Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT
NIP. 19621114 199003 1 002**

**Undergraduate Program in Applied Manufacturing Engineering
Departement of Industrical Mechanical Engineering
Faculty of Vocational
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

Proyek Akhir dengan judul

**PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA KONSTRUKSI STASIUN PENGISIAN
KENDARAAN LISTRIK (iCharger) DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN
MENGUNAKAN MOTOR SEBAGAI PENGGERAK FRAME PANEL SURYA**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Terapan

Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun Oleh:

Bryan Alie Ibnu Khoiruman

NRP. 10211710013019

Disetujui oleh Pembimbing Proyek Akhir:

Pembimbing :

- | No | Dosen Penguji |
|----|--|
| 1. | <u>Hendro Nurhadi, Dipl-Ing, Ph.D</u>
NIP. 19751120 200212 1 002 |
| 2. | <u>Ir. Budi Luwar S, M.T.</u>
NIP. 19621114 199003 1 002 |
| 3. | <u>Rivai Wardhani, ST., M.sc</u>
NIP 19810722 200912 1 004 |
| 4. | <u>Mashuri, S.Si., MT</u>
NIP 199120201 1002 |



Penguji :

SURABAYA

JUNI, 2022

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa / NRP : Bryan Alie Ibnu Khoiruman / 10211710013019
Program Studi : Teknologi Rekayasa Konversi Energi
Dosen Pembimbing / NIP : Hendro Nurhadi, Dipl. Ing.PhD / 19751120 200212 1
002

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul **“Perencanaan Struktur Rangka Konstruksi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik (Icharger) Dengan Metode Elemen Hingga Dan Menggunakan Motor Sebagai Penggerak Frame Panel Surya”** adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui
Dosen Pembimbing



Hendro Nurhadi, Dipl. Ing.PhD
NIP. 19751120 200212 1 002



Surabaya, 22 Juli 2022
Mahasiswa



Bryan Alie Ibnu Khoiruman
NRP. 10211710013019



ABSTRAK

PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA KONSTRUKSI STASIUN PENGISIAN KENDARAAN LISTRIK (iCharger) DENGAN METODE ELEMEN HINGGA DAN MENGGUNAKAN MOTOR SEBAGAI PENGGERAK FRAME PANEL SURYA

Nama Mahasiswa / NRP : Bryan Alie Ibnu Khoiruman / 10211710013019
Departemen : Teknik Mesin Industri FV – ITS
Dosen Pembimbing 1 : Hendro Nurhadi, Dipl. ing. PhD
Dosen Pembimbing 2 : Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT

ABSTRAK

Penggunaan kendaraan listrik di Indonesia yaitu sepeda motor, mobil, dan bus. Kendaraan ramah lingkungan lebih hemat pengeluaran operasional dan ramah lingkungan dibandingkan dengan kendaraan bermesin konvensional yang masih mengkonsumsi bahan bakar fosil juga dapat mencemari lingkungan. Adanya perancangan pembuatan charging station dengan tenaga panel surya dapat menghemat pengeluaran biaya dan memiliki teknologi ramah lingkungan. Dengan pernyataan di atas maka bisa kita simpulkan rumusan masalah sebagai berikut, yang pertama Bagaimana merencanakan struktur iCharger sebagai konstruksi yang baik, menjadikan penopang beban 266kg yang kedua Bagaimana menghitung Beban-beban yang terdapat pada struktur iCharger, dengan batasan menggunakan material baja ASTM36, menggunakan baut angkur jenis J sebagai penyambung antara rangka utama dengan pondasi. Tujuan yang dapat dicapai adalah untuk membuat rancang bangun struktur rangka pada iCharger dan Untuk mengetahui beban-beban yang terdapat pada struktur rangka iCharger.

Metode perancangan dilakukan dengan menggunakan Finite Element Method atau Metode Elemen Hingga. Metode ini merupakan metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari

suatu gejala *phisis*. Untuk menganalisa ketahanan sebuah struktur rancang bangun konstruksi iCharger.

Hal yang dicapai adalah suatu konstruksi struktur rangka iCharger yang akan diaplikasikan menjadi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik dengan memanfaatkan tenaga surya. Serta kesimpulan dari penulisan Proposal Akhir ini adalah dengan merancang struktur konstruksi iCharger yang akan digunakan menjadi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik. Merancang struktur iCharger dan menganalisa menggunakan Metode Elemen Hingga melalui Aplikasi berbasis *Finite Element Method*. Hasil Perencanaan teoritis poros mendapatkan panjang poros 3732mm, diameter \emptyset poros 80mm dan memiliki tegangan 191483 Mpa. Untuk hasil analisis struktur konstruksi pengisian kendaraan listrik menggunakan simulasi statis didapatkan nilai tegangan maksimum 2.078×10^8 Pa dan mengalami deformasi sebesar 0,0029627 mm.

Keywords: iCharger, Structure, Safety Factor, Finite Element Method

ABSTRACT

STRUCTURAL PLANNING OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING STATION (iCharger) CONSTRUCTION FRAME USING THE FINITE ELEMENT METHOD AND USING THE MOTOR AS A SOLAR PANEL FRAME PRODUCER

Student Name / NRP : Bryan Alie Ibnu Khoiruman / 10211710013019
Departement : Teknik Mesin Industri FV – ITS
Counsellor Lecturer 1 : Hendro Nurhadi, Dipl. ing. PhD
Counsellor Lecturer 2 : Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT

ABSTRACT

The use of electric vehicles in Indonesia are motorcycles, cars, and buses. Environmentally friendly vehicles are more efficient in operating expenses and environmentally friendly compared to conventional engine vehicles that still consume fossil fuels which can also pollute the environment. The design of making a charging station with solar panel power can save costs and has environmentally friendly technology. With the above statement, we can conclude the formulation of the problem as follows, the first is How to plan the iCharger structure as a good construction, making the second 266kg load support How to calculate the loads contained in the iCharger structure, with limitations using ASTM36 steel material, using bolts type J anchor as a connector between the main frame and the foundation. The objectives that can be achieved are to design the frame structure of the iCharger and to find out the loads contained in the iCharger frame structure.

The design method is done by using the Finite Element Method or the Finite Element Method. This method is a numerical method used to solve technical problems and mathematical problems of a physical phenomenon. To analyze the durability of an iCharger construction design structure.

What has been achieved is the construction of an iCharger frame structure which will be applied as an Electric Vehicle Charging Station by utilizing solar

power. And the conclusion of writing this Final Proposal is to design the iCharger construction structure which will be used as an Electric Vehicle Charging Station. Designing the iCharger structure and analyzing it using the Finite Element Method through an Application based on the Finite Element Method. The results of the theoretical design of the shaft get a shaft length of 3732mm, a shaft diameter of 80mm and a stress of 191483 Mpa. For the results of the analysis of the structure of the electric vehicle charging construction using static simulation, the maximum stress value is 2.078×10^8 Pa and the deformation is 0.0029627 mm.

Keywords: iCharger, Structure, Safety Factor, Finite Element Method

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T karena berkat rahmat dan Hidayah-Nya. Penulis dapat menyelesaikan Proposal Proyek Akhir dengan judul “Perencanaan Struktur iCharger dengan metode elemen hingga”. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberi banyak doa dan dukungan.
2. Bapak Dr. Ir Heru Mirmanto, M.T. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri ITS
3. Bapak Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD. Selaku dosen pembimbing serta yang telah membimbing hingga memberikan motivasi dan arahan kepada penulis.
4. Bapak Ir. Budi Luwar Sanyoto, MT. Selaku dosen pembimbing serta yang telah membimbing hingga memberikan motivasi dan arahan kepada penulis
5. Afifah Alaniyah yang telah memberikan dukungan dalam hal apapun.
6. Edgar dan Putra yang telah berjasa dalam merealisasikan alat.
7. Mas Fauki, Basundra, Asca nurrana putra yang telah membantu merealisasikan desain alat menggunakan aplikasi berbasis drawing dan simulasi Aplikasi berbasis *Finite Element Method* sangat bagus.
8. Teman-teman angkatan 2017 yang telah memberi dukungan dan motivasi dalam pengerjaan proposal ini.
9. Bima, Jasir, Steven, Michael, Rendra yang telah memberikan semangat dan mood guna menyelesaikan Proposal Proyek Akhir ini.

Surabaya, Juni 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Batasan masalah	3
1.4. Tujuan proyek akhir	3
1.5. Manfaat	3
1.6. Sistematika penulisan	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Struktur	5
2.2. Analisa Struktur	5
2.3. Profil Baja	5
2.4. Pembebanan	10
2.6.1. Beban Berdasarkan Daerah Pembebanan.....	10
2.5. Mekanika teknik	11
2.5.1. Gaya	11
2.6. Defleksi	13
2.7. Komponen Elemen Mesin pada Konstruksi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik	13
2.7.1. Perencanaan Poros	13
2.7.2. Perencanaan <i>Bearing</i> (Bantalan).....	18
2.8. Analisa Elemen Hingga	20

2.8.1.	Prosedur Metode Elemen Hingga	21
2.8.2.	Manfaat Metode Elemen Hingga	22
2.8.3.	Software Berbasis Metode Elemen Hingga	22
2.9.	Faktor Keamanan (<i>Safety Factor</i>)	23
BAB III.....		25
METODOLOGI PENELITIAN.....		25
3.1.	Diagram Alir Penelitian	25
3.2.	Penjelasan Diagram Alir Penelitian	26
3.3.	Desain Struktur Rangka iCharger	27
3.3.1.	Struktur Panel Surya pada iCharger	27
3.3.2.	Struktur Rangka Utama pada iCharger	30
3.3.3.	Struktur Rangka Pondasi.....	31
3.4.	Desain Perencanaan Struktur Konstruksi Icharger	33
3.5.	Free Body diagram	34
3.6.	Simulasi Struktur iCharger dengan <i>Software</i> berbasis <i>FEM</i>	35
3.6.1.	Proses <i>Meshing</i>	35
3.6.2.	Proses <i>Boundary Condition</i>	35
3.6.3.	Simulasi.....	36
3.7.	Penentuan <i>Safety Factor</i>	36
BAB IV		37
PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN		37
4.1.	Data Hasil Observasi dan Literatur	37
4.2.	Perencanaan struktur rangka iCharger	40
4.2.1.	Frame Panel Surya	40
4.2.2.	Komponen Penggerak pada Titik Tumpu	41
4.2.3.	Struktur Rangka Utama.....	42
4.3.	Diagram Benda Bebas struktur Rangka	44
4.3.1.	Perhitungan Angkur	43
4.4.	Perhitungan Poros	48
4.4.1.	Momen Torsi.....	49
4.4.2.	Diagram Benda Bebas Poros pada bidang ZX.....	50

4.4.3.	Momen <i>Bending</i> pada poros.....	55
4.4.4.	Diameter Poros.....	56
4.4.5.	Tegangan yang terjadi pada poros.....	57
4.5.	Perhitungan Bearing	58
4.5.1.	Perhitungan Beban Radial Bantalan (<i>Bearing</i>).....	58
4.5.2.	Perhitungan Beban Ekuivalen Bantalan (<i>Bearing</i>)	59
4.5.3.	Perhitungan Basic Dynamic Load Rating (C).....	59
4.5.4.	Penentuan Bantalan (<i>Bearing</i>)	60
4.6.	Analisis Struktur Konstruksi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik menggunakan <i>Software</i> berbasis FEM	61
4.6.1.	Memasukkan data ke dalam aplikasi berbasis <i>finite element method</i> 61	
4.6.2.	Proses Meshing	62
4.6.3.	Menentukan <i>Fix Support</i> atau dudukan	63
4.6.4.	Memberikan gaya pada struktur.....	64
4.6.5.	Hasil Simulasi gaya yang terjadi pada struktur.....	65
BAB V.....		67
PENUTUP.....		67
5.1.	Kesimpulan	67
5.2.	Saran	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		70
BIODATA PENULIS		1

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Baja Profil WF	6
Gambar 2.2 Profil Baja Siku	7
Gambar 2.3 Profil Baja CNP.....	7
Gambar 2.4 Profil Baja UNP	8
Gambar 2.5 Profil Besi INP	8
Gambar 2.6 Profil Baja H beam.....	9
Gambar 2.7 Profil Baja Hollow	10
Gambar 2.8 Beban Terpusat (atas) dan Beban Merata (bawah)	11
Gambar 2.9 Gaya	11
Gambar 2.10 Pergerakan Benda Akibat Gaya	12
Gambar 2.11 Contoh Diagram Benda Bebas	12
Gambar 2.12 Defleksi	13
Gambar 2.13 <i>Yield Strength</i> Modified for Surface Condition versus Tensile Strength for Wrought Steel	14
Gambar 2.14 Free Body Diagram (FBD) pada poros	15
Gambar 2.15 Diagram Distribusi Torsi pada Poros.....	16
Gambar 2.16 Diagram Gaya dan Momen pada Poros.....	16
Gambar 2.17 Single-row, Deep-groove Ball Bearing.....	18
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 3.2 Keterangan Profil Baja WF	28
Gambar 3.3 Keterangan Profil Baja Siku Sama Kaki	28
Gambar 3.4 Keterangan Profil Baja Hollow	29
Gambar 3.5 Desain Struktur Rangka Frame Panel	29
Gambar 3.6 Isometri Struktur Rangka Panel	29
Gambar 3.7 Keterangan profil baja WF.....	30
Gambar 3.8 Desain Struktur Rangka Utama.....	31
Gambar 3.9 Isometri Struktur Rangka Utama.....	31
Gambar 3.10 Desain Struktur Konstruksi Pondasi	32
Gambar 3.11 Isometri Struktur Pondasi.....	32
Gambar 3.12 Meteran Roll 7,5 meter.....	33
Gambar 3.13 Desain Perencanaan Struktur Icharger	33
Gambar 3.14 Free Body Diagram	34
Gambar 3.15 Titik-titik kritis yang terdapat pada konstruksi	35
Gambar 4.1 Tampak Atas Struktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik.....	38

Gambar 4.2 Tampak Depan Struktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik	38
Gambar 4.3 Tampak Samping Struktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik	39
Gambar 4.4 Komponen Penggerak Frame Panel	39
Gambar 4.5 Frame Panel Surya	40
Gambar 4.6 Komponen Penggerak Frame Panel	41
Gambar 4.7 Struktur Rangka utama.....	42
Gambar 4.8 Free Body Diagram Struktur Konstruksi iCharger	44
Gambar 4.9 Struktur iCharger dalam keadaan 90° pada arah horizontal	45
Gambar 4.10 Frame Panel Surya dengan kemiringan 30° pada arah horizontal...	46
Gambar 4.11 Free Body Diagram Poros	49
Gambar 4.12 Diagram Benda Bebas Pada Bidang ZX	50
Gambar 4.13 Diagram Benda Bebas potongan 1 bidang XZ.....	51
Gambar 4.14 Diagram Benda Bebas potongan 2 pada bidang XZ	54
Gambar 4.15 Memasukkan data pada software	61
Gambar 4.16 Proses Meshing Struktur konstruksi.....	62
Gambar 4.17 Proses Meshing Struktur baja Hollow	62
Gambar 4.18 Proses Meshing Struktur baja WF.....	63
Gambar 4.19 Proses Meshing Struktur poros	63
Gambar 4.20 Menentukan Fix Support.....	64
Gambar 4.21 Input Beban Panel Surya beserta frame panel surya	64
Gambar 4.22 Input Beban Motor	64
Gambar 4.23 Input Gaya Gravitasi	65
Gambar 4.24 Hasil Simulasi Equivalent Stress.....	65
Gambar 4.25 Hasil Simulasi Deformasi Total	66
Gambar 4.26 Hasil Simulasi Safety Factor	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Material Factor</i> (C_m)	14
Tabel 2.2 Reliability Factor (C_R).....	14
Tabel 2.3 Recommended Design Life for Bearings	19
Tabel 2.4 Radial and Thrust Factor for Single-row, Deep-groove Ball Bearings.	20
Tabel 3.1 Jumlah Bahan Rangkaian Untuk Frame.....	27
Tabel 3.2 Profil Baja Ukuran WF yang akan digunakan	27
Tabel 3.3 Profil Baja Siku Sama Kaki yang akan digunakan	28
Tabel 3.4 Profil Baja Hollow yang akan digunakan	29
Tabel 3.5 Ukuran Profil Baja WF yang digunakan.....	30
Tabel 4.1 Berat Baja per meter yang terdapat pada frame panel surya.....	40
Tabel 4.2 Data awal Perencanaan Poros	49
Tabel 4.3 Hasil momen pada jarak bidang XZ	51
Tabel 4.4 Hasil data momen pada poros bidang XZ.....	54
Tabel 4.5 Data Perhitungan Bantalan (Bearing)	58

DAFTAR SIMBOL

s'_n	: <i>Actual Endurance Limit</i>
s_n	: Endurance Limit
CS	: Size Factor
CR	: Reliability Factor
C_m	: <i>Material Factor</i>
C_{st}	: <i>Type of Stress Factor</i>
T	: Torsi
P	: Daya Motor Listrik
n	: Putaran Poros
M	: Momen Bending
M_x	: Momen Pada Bidang Horizontal
M_y	: Momen Pada Bidang Vertikal
Kt	: Stress Concentretion Factor
sf	: Safety Factor
S'_n	: Endurance Strenght
V	: Resultan Gaya Geser
D_s	: Diameter Poros
M_b	: Momen Bending
M_t	: Momen Torsi
ks	: Koefisien
σ_{yp}	: Tensile Yield Strenght
τ_{max}	: Tegangan Maksimal
σ_x	: Tegangan Bending Maksimal
τ_{xy}	: Tegangan Geser Maksimal
σ_{eq}	: Von-Misses Stress
F_R	: Beban Radial Load
F_Z	: Gaya yang terdapat pada bidang Z
F_Y	: Gaya yang terdapat pada bidang Y
P	: Beban Ekivalen
V	: Rotation Factor
X	: Radial Factor
R	: Applied Radial Load
Y	: Thrust Load
P_d	:Beban Ekivalen
h	: Design Life Bearing
σ_{UTS}	: Ultimate Tensile Strenght
σ_{ijin}	: Tegangan Yang Diiijinkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) (tambahin tahun brp), Indonesia masih berada di bawah kriteria *green economy* dengan *Human Development Index (HDI)* dan *Ecological Footprint*. Hal tersebut memerlukan upaya menerapkan konsep konsumsi dan produksi berkelanjutan (*Sustainable Consumption and Production/SCP*) dan ekonomi hijau. Pencemaran lingkungan dapat dikendalikan untuk memperoleh polusi yang optimal yang memberikan manfaat bersih dengan kegiatan ekonomi yang maksimal.

Penggunaan kendaraan listrik di Indonesia yaitu sepeda motor, mobil, dan bus. Kendaraan ramah lingkungan lebih hemat pengeluaran operasional dan ramah lingkungan dibandingkan dengan kendaraan bermesin konvensional yang masih mengkonsumsi bahan bakar fosil juga dapat mencemari lingkungan. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai lebih dari 133 juta unit pada tahun 2019. Jumlah kendaraan naik sekitar lima persen sejak dua tahun lalu. Pada tahun 2019, jumlah kendaraan naik bertambah 7.108.236 unit atau meningkat 5,3 persen menjadi 133.617.012 unit dari tahun sebelumnya sebanyak 126.508.776 unit. Jumlah kendaraan di tahun 2018 naik 5,9 persen dari tahun 2017 sejumlah 118.922.708 unit. Disamping itu, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) memproyeksikan terdapat 2,73 juta kendaraan listrik roda dua dan tiga pada tahun depan, dengan kebutuhan stasiun pengisian sebanyak 170 ribu unit di seluruh Indonesia. Kuantitasnya bertambah tiap tahun. Pada 2030, pemerintah memperkirakan ada 7,46 juta kendaraan listrik dengan kebutuhan stasiun pengisian mencapai 530 ribu unit.

Di Indonesia jumlah kendaraan listrik umum sampai saat ini berjumlah 7.149 unit yang tersebar di 3.348 lokasi, sedangkan jumlah stasiun pengisian kendaraan listrik umum (SPKLU) sebanyak 16 unit. SPKLU itu tersebar di 10 lokasi dan terpasang di Jakarta, Bandung, Tangerang, Semarang, Surabaya, dan Bali. Dapat dilihat dari data tersebut bahwa di Indonesia sangat minim *charging*

station. Rata-rata *charging station* pada saat ini masih menggunakan tenaga listrik dengan bantuan PLN.

Adanya perancangan pembuatan *charging station* dengan tenaga panel surya dapat menghemat pengeluaran biaya dan memiliki teknologi ramah lingkungan. Selain itu, adanya *charging station* akan mendukung program pemerintah tentang rencana tindak lanjut Perpres No.55/2019 yaitu percepatan program kendaraan bermotor listrik berbasis baterai untuk transportasi jalan. Dan tentunya panel surya semakin populer dan berkembang di masyarakat karena menggunakan tenaga sel surya matahari yang mudah didapatkan di Indonesia karena Indonesia merupakan daerah tropis, sehingga dapat menghemat listrik dengan memanfaatkan *energy* panas dari matahari. Selain itu lingkungan disekitar *charging station* bebas dari polusi.

ICharger merupakan nama pada konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik yang akan dibuat oleh tim peneliti yang diketuai oleh bapak Hendro Nurhadi. Konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik ini dibangun dikarenakan program ITS *Smart Eco Campus*, merupakan program dalam menciptakan pembangunan berkelanjutan di lingkungan kampus dengan memanfaatkan teknologi dan ilmu pengetahuan yang dikembangkan dalam kampus (Institut Teknologi Sepuluh Nopember). Pada tahun 2020 diluncurkan iCar, mobil listrik cerdas ramah lingkungan sebagai salah satu bentuk dari program ini. Pengembangan stasiun pengisian kendaraan listrik ini dapat diharapkan mendukung kebutuhan iCar itu sendiri dan kendaraan-kendaraan listrik yang lainnya, yang mana sejalan dengan sejalan dengan program ITS *Smart Eco Campus*. Pada perencanaan struktur konstruksi ini akan dibangun di lingkungan gedung robotik ITS dikarenakan pada lingkungan tersebut jauh dari gedung-gedung bertingkat sehingga bisa memaksimalkan energi cahaya matahari yang didapat untuk panel surya. Dengan penerapan pengisian daya untuk mobil listrik di kampus ITS yang baik dan tepat.

Dengan latar belakang tersebut pada penelitian ini akan dibahas tentang penopang yang digunakan iCharger dari frame penempatan panel surya dan pondasi untuk penempatan frame sehingga dapat menghasilkan iCharger yang nyaman digunakan.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas maka perumusan masalahnya sebagai berikut:

1. Bagaimana merencanakan struktur iCharger sebagai konstruksi yang kuat dan menjadikan penopang panel surya dengan berat 105kg
2. Bagaimana menghitung beban-beban yang terdapat pada struktur iCharger

1.3. Batasan masalah

1. Menggunakan material baja dengan jenis ASTM A36 pada struktur rangka iCharger.
2. Tidak Membahas Sambungan las dan perhitungannya.
3. Tidak membahas Sambungan keling/baut dan perhitungannya.
4. Menggunakan profil baja wf sebagai rangka utama iCharger.
5. Menggunakan baut angkur jenis J dianggap aman dan tidak membahas perhitungannya.
6. Tidak membahas struktur pondasi dan struktur pondasi tersebut dianggap aman.
7. Tidak membahas sistem transmisi seperti *pulley*, *gear box*, *sprocket*.
8. Tidak membahas sistem instrumentasi seperti rangkaian listrik atau *controller* (sistem kendali).

1.4. Tujuan proyek akhir

Tujuan dari proyek akhir ini yaitu:

1. Perencanaan rancang bangun struktur rangka pada iCharger dengan menopang panel surya dengan berat 105kg
2. Untuk mengetahui beban-beban yang terdapat pada struktur iCharger

1.5. Manfaat

Mengetahui ketahanan dan kekuatan dari rangkaian struktur rancang bangun iCharger sehingga dapat diaplikasikan dalam dunia nyata.

1.6. Sistematika penulisan

Sistematika proposal proyek akhir ini dibagi menjadi beberapa bab yang tiap babnya memiliki hubungan satu dengan yang lainnya. Adapun sistematika penulisan laporan ini sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan proposal.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar landasan teori dari berbagai referensi yang akan digunakan. Tinjauan Pustaka yang terdapat pada bab ini digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis penelitian dan analisis perhitungan dalam pengerjaan proposal.

BAB III METODOLOGI

Bab ini terdiri dari tahapan-tahapan yang digunakan dalam melaksanakan penelitian dan penyusunan proyek akhir ini

BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil perhitungan gaya yang terdapat pada struktur konstruksi pengisian kendaraan listrik (iCharger) dan perhitungan elemen mesin sekaligus simulasi berbasis metode elemen hingga.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan pada pembahasan sebelumnya dan saran untuk pengembangan proyek akhir kedepannya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Struktur

Struktur mengacu pada suatu sistem yang terdiri dari beberapa elemen struktur yang saling terhubung dengan tujuan menahan atau menerima suatu beban (Hibbeler, RC., Structural Analysis, 2017). Rangka adalah sebuah konstruksi yang berfungsi menempatkan komponen-komponen alat menjadi suatu kesatuan sebuah mesin. Rangka sangat penting dimana dalam pembuatan suatu mesin, perancangan struktur rangka harus memperhitungkan keselamatan, estetika, kemudahan dalam pemeliharaan, dan mempertimbangkan kendala ekonomi dan lingkungannya. Rangka harus memiliki sifat yang kuat, ringan, kokoh dan tahan terhadap getaran, atau guncangan yang diterima dari kondisi putaran pada mesin penggerak.

Elemen-elemen struktur umumnya seperti batang (mengalami gaya tarik ataupun tekan), balok (selain mengalami gaya tarik/tekan, juga mengalami gaya lentur), kolom (tiang vertikal yang mengalami gaya tekan maupun lentur), pelat, dan sebagainya. Elemen-elemen struktur ini yang saling terhubung, akan membentuk suatu sistem struktur. Tipe-tipe struktur yang umum dijumpai seperti rangka batang (pada struktur atap ataupun jembatan), balok dan portal (frame), struktur kabel maupun struktur pelengkung serta struktur cangkang ataupun kubah.

2.2. Analisa Struktur

Analisis struktur adalah proses menghitung dan menentukan efek akibat beban yang bekerja pada struktur (bangunan, jembatan, dermaga atau objek lainnya) yang menimbulkan reaksi berupa gaya dalam (*internal forces*) pada struktur. Analisis struktur sangat penting untuk memastikan bagaimana alur, distribusi dan dampak beban terhadap struktur yang ditinjau. Selain beban yang mempengaruhi perilaku struktur adalah bahan yang digunakan dan geometri (sistem) struktur. Dengan melakukan analisis struktur maka dapat diketahui bagaimana perilaku struktur dan tingkat keamanannya saat dikenai beban yang diperkirakan akan bekerja.

2.3. Profil Baja

Baja profil (*structural steel*) merupakan kategori baja yang digunakan dalam suatu konstruksi dengan berbagai jenis dan bentuk yang sesuai dengan standar. Setiap bentuk profil memiliki sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dengan bentuk yang lain sehingga penggunaannya harus disesuaikan dengan kegunaan dan fungsi pada suatu konstruksi. Berikut ini merupakan

jenis-jenis dan bentuk baja profil yang sering digunakan dalam konstruksi maupun fabrikasi.

a. *Wide Flange* (WF)

Kanal besi WF atau besi Wide Flange adalah satu diantara banyak baja struktural yang paling populer digunakan. Bentuk besi WF-*Beam* menyerupai besi INP, hanya saja besi WF-*Beam* memiliki rasio lebar dibanding tinggi yaitu 2:1. Dengan rasio ini, besi WF-*Beam* mempunyai bending inertia yang tinggi. Fungsi besi WF-*Beam* dalam konstruksi bangunan terbilang penting baik dalam infastruktur dan tatanan bangunan. *Besi* WF bisa digunakan untuk balok, kolom, tiang pancang, *support* atas maupun bawah di balok komposit atau kolom, kantilever kanopi, jembatan dan berbagai struktur lain.

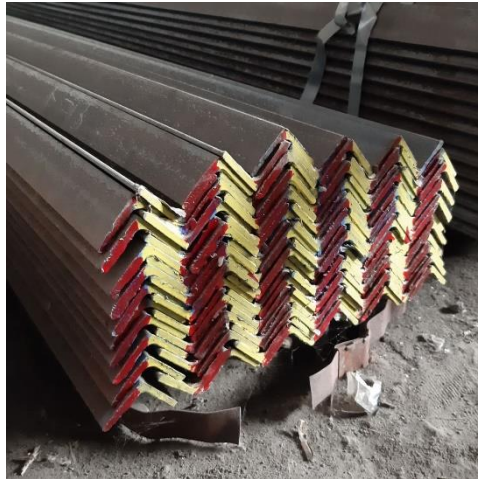


Gambar 2.1 Baja Profil WF

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

b. *Equal Angle* (siku)

Besi siku atau yang dikenal dengan nama *angle bar* adalah besi yang berbentuk siku dengan besar sudut sebesar 90 derajat atau *letter L*. Fisiknya yang kokoh dan tahan lama cocok digunakan untuk keperluan konstruksi jangka panjang karena bisa bertahan hingga bertahun-tahun. Besi siku juga memiliki ukuran kaki dan ketebalan yang bervariasi sehingga bisa disesuaikan dengan kebutuhan. Besi siku biasa digunakan untuk pembuatan menara komunikasi dan menara listrik. Selain itu, besi siku juga digunakan sebagai bahan produk industri, bangunan, furnitur, dan konstruksi yang banyak dipakai oleh kontraktor dan fabrikasi seperti bengkel las atau bengkel bubut.

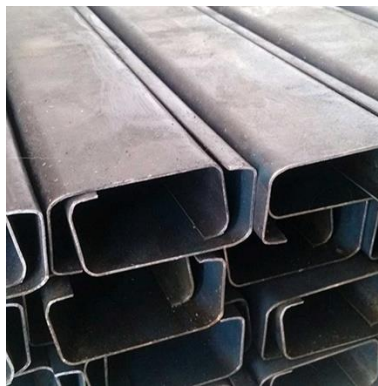


Gambar 2.2 Profil Baja Siku

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

c. *Lipped Channel* (CNP)

Biasa digunakan untuk: purlin (balok dudukan penutup atap), girts (elemen yang memegang penutup dinding misalnya *metal sheet*, dll), member pada truss, rangka komponen arsitektural.

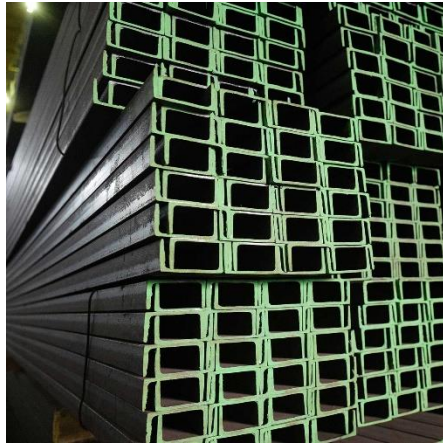


Gambar 2.3 Profil Baja CNP

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

d. Kanal U (UNP)

Sesuai dengan namanya, kanal besi UNP memiliki bentuk yang menyerupai huruf "U". Besi UNP sering pula disebut sebagai kanal U, profil U, atau U-Channel. Kanal besi UNP adalah besi yang biasa digunakan dalam pemeliharaan industri, alat pertanian, alat transportasi dan juga sering menjadi bagian dari truss dan rangka komponen arsitektural.



Gambar 2.4 Profil Baja UNP

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

e. Besi INP

Kanal besi INP memiliki bentuk mirip dengan huruf "I", sesuai dengan namanya. Jenis besi ini juga dikenal dengan nama baja profil I atau *I-Beam*. Struktur dan dimensi kanal besi INP hampir mirip dengan *WF-Beam*. Perbedaannya antara *WF-Beam* dan INP adalah ukuran tingginya, INP cenderung lebih tinggi dan memiliki kaki-kaki yang lebih pendek.



Gambar 2.5 Profil Besi INP

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

f. *H Beam*

Sesuai dengan namanya, kanal besi *H-Beam* mempunyai bentuk seperti huruf 'H' dengan dimensi ukuran lebar dan tinggi yang sama. Kanal besi *H-Beam* juga sering disebut dengan nama profil H, besi H, balok H, atau baja H. Contoh dimensi kanal besi *H-Beam* adalah 100mm x 100mm, 150mm x 150mm, dan seterusnya dengan panjang 12 meter. Kanal besi *H-Beam* banyak digunakan sebagai bahan konstruksi rangka gedung, jembatan, pembuatan kapal, tiang pancang, kolom, dan kantilever kanopi.



Gambar 2.6 Profil Baja *H beam*

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

g. *Hollow*

Besi hollow memiliki banyak sebutan di pasar, seperti pipa kotak besi, pipa hollow, besi kotak, maupun hollow besi. Meski begitu, semua penamaan terhadap besi hollow sejatinya mengacu pada produk yang sama: besi hollow adalah pipa besi lonjoran dengan penampang berbentuk kotak. Namun, tentu saja nama yang paling kondang dipasaran adalah besi hollow atau hollow besi. Besi hollow banyak digunakan di berbagai industri, seperti industri fabrikasi, karoseri, desain interior, dan furniture. Besi hollow biasanya digunakan untuk rangka plafond, rangka kanopi, pagar, railing tangga, meja, kursi, bahkan rangka truk.



Gambar 2.7 Profil Baja Hollow

(Sumber <https://www.smsperkasa.com/produk/besi-wf>)

2.4. Pembebanan

Secara umum, perilaku beban luar dan besar beban yang bekerja pada struktur dapat dibedakan menjadi beban statis dan dinamis.

a. Pembebanan Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja secara terus menerus pada suatu struktur. Beban statis pada lift truck berasal dari beban asal dari struktur lift truck tersebut dengan ditambah beban yang dapat mempengaruhi berat dari lift truck. Contohnya seperti ketika lift truck mengangkat dan menurunkan beban.

b. Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang mempengaruhi struktur pada lift truck dengan waktu yang cepat dan bekerja secara tiba – tiba pada struktur. Beban ini bersifat tidak tetap, maka dari itu karakteristik besaran dan arah berubah dengan cepat.

2.6.1. Beban Berdasarkan Daerah Pembebanan

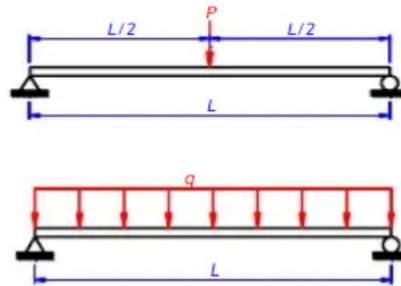
Aplikasi beban berdasarkan daerah pembebanannya dapat diklasifikasikan menjadi dua yakni sebagai berikut.

a. Beban terkonsentrasi atau terpusat

Beban terpusat merupakan pembebanan yang terkonsentrasi pada suatu titik dengan arah dan besaran tertentu. Pada beban terpusat ini daerah pembebanannya lebih kecil dibandingkan dengan daerah pembebanan pada beban terdistribusi.

b. Beban terdistribusi atau merata

Beban merata adalah pembebanan yang bekerja di daerah tertentu yang dikenakan di titik berat beban secara terdistribusi atau merata pada seluruh elemen struktur tersebut.



Gambar 2.8 Beban Terpusat (atas) dan Beban Merata (bawah)

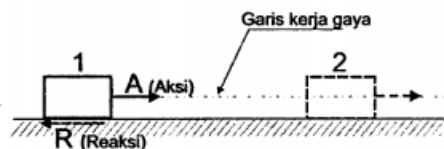
(Sumber Mekanika Bahan Edisi Keempat, J.M. Gere & S.P. Timoshenko)

2.5. Mekanika teknik

2.5.1. Gaya

a. Gaya Normal dan Bidang Gaya Normal (Normal Diagram)

Gaya merupakan kekuatan yang terjadi didalam suatu benda sehingga membuat benda tersebut bergerak dari keadaan diam. Gaya pada umumnya disimbolkan sebagai besaran yang mempunyai arah dan digambarkan seperti *vector*. Apabila pada sebuah benda terjadi gaya baik itu ditarik, diangkat ataupun didorong maka akan terjadi gaya perlawanan yang disebut dengan reaksi. Besarnya gaya reaksi sama dengan besarnya gaya yang dikerjakan (aksi).

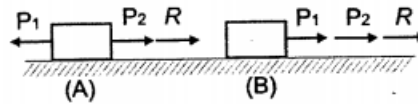


Gambar 2.9 Gaya

(Sumber : <http://kuliah-ft.umm.ac.id/>)

Dari gambar diatas menunjukkan pada benda posisi 1 diberi gaya aksi yang akan mengakibatkan benda bergerak pindah ke posisi 2 ini bisa terjadi karena gaya aksi yang terjadi lebih besar dari gaya reaksi yang terjadi. Bila gaya aksi dan reaksi memiliki besar gaya yang sama maka benda akan dalam keadaan diam tanpa terjadi perpindahan. Gaya reaksi timbul akibat dari gesekan yang terjadi antara benda dan lantai atau alas dari tempat benda tersebut. Apabila gaya yang terjadi pada suatu benda

lebih dari 2 buah maka dapat dilakukan penggabungan gaya-gaya yang disebut dengan resultan gaya (R). Jika gaya bekerja dengan arah yang sama maka resultannya adalah penjumlahan dari gaya-gaya tersebut dan jika arah gaya yang terjadi berlawanan maka resultannya adalah pengurangan dari gaya-gaya tersebut. Dapat dijelaskan seperti gambar berikut:

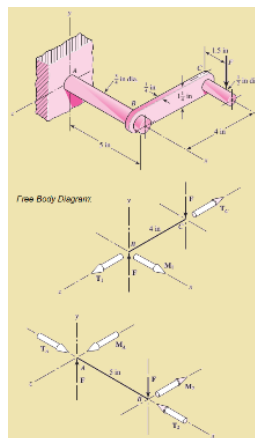


Gambar 2.10 Pergerakan Benda Akibat Gaya

(Sumber : <http://kuliah-ft.umm.ac.id/>)

b. Diagram Benda Bebas (*Free Body Diagram*)

Free body Diagram atau bisa disebut Diagram Benda Bebas merupakan bentuk sederhana analisis struktur atau mesin yang sangat kompleks dengan cara memisahkan setiap elemen dan menganalisisnya dengan menggunakan diagram benda bebas. Informasi yang diperoleh dari hasil analisis tersebut dapat dikumpulkan untuk menghasilkan informasi seluruh sistem. Dengan demikian, diagram benda bebas pada dasarnya adalah sarana untuk memecahkan masalah yang rumit ke dalam segmen yang dapat dikelola, menganalisis masalah yang disederhanakan ini, dan kemudian menyatukan informasi kembali.

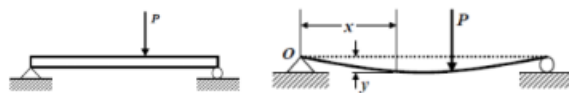


Gambar 2.11 Contoh Diagram Benda Bebas

(Sumber: Budynas dan Nisbett, 2006, *Shingley's Mechanical Engineering Design*, edisi 8.)

2.6. Defleksi

Defleksi merupakan perubahan bentuk pada balok karena ada pemberian beban pada balok ke arah *vertical*. Pengukuran defleksi dilakukan dari permukaan netral awal ke posisi netral setelah terjadi deformasi. Hal yang dapat memengaruhi besar kecilnya defleksi adalah besar dan jenis pembebanan, jenis tumpuan, jenis material, dan kekuatan material. (Laporan praktikum, Adhira 2013). Gambar dibawah ini bagian kiri memperlihatkan balok pada posisi awal sebelum terjadi deformasi dan Gambar dibawah ini bagian kanan merupakan balok setelah mengalami defleksi



Gambar 2.12 Defleksi

(Sumber: Adhira, 2013)

Beban yang tegak lurus terhadap balok mengakibatkan terjadinya momen bending. Dalam perhitungan, harus ditentukan defleksi pada setiap nilai x di sepanjang balok. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan ini biasa disebut persamaan defleksi kurva (atau kurva elastis) dari balok.

2.7. Komponen Elemen Mesin pada Konstruksi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik

pada Sub-bab ini membahas tentang komponen elemen mesin pada konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik, meliputi Poros (*shaft*), bantalan (*bearing*). Perhitungan perencanaan elemen mesin pada alat ini, mengacu pada buku (*Machine Elements and Mechanical Design 6th Edition, Robert L. Mott, 2018*). Sesuai dengan proses perencanaan berikut :

2.7.1. Perencanaan Poros

1. Data yang diketahui:

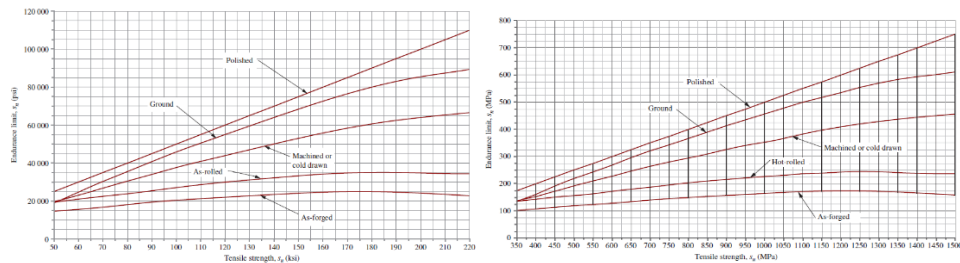
- Mengetahui daya pada motor listrik yang dipakai (P)
- Mengetahui putaran *output* atau *driven sprocket* (n)
- Menentukan material poros yang dipakai

2. Perhitungan Desain Poros (*Shaft*):

Menghitung berat komponen elemen mesin dengan mengetahui jenis material, massa jenis material, dan volume dan menghitung *Actual Yield Strength* ($s'n$) poros, sebagai berikut :

1. Menentukan *Yield Strength* (s_y) dan *Ultimate Tensile Strength* (s_u) material poros dengan melihat tabel (Lampiran 1 : Design Properties of Carbon and Alloy Steels)

- Menentukan *Yield Strength*(sn) dengan melihat diagram (Gambar *Yield Strength*modified for surface condition versus tensile strength for wrought steel), sesuai dengan manufacturing process material poros.



Gambar 2.13 *Yield Strength*Modified for Surface Condition versus Tensile Strength for Wrought Steel

(Sumber : *Robert L. Mott*, 2018)

- Menentukan *Material Factor* (C_m) sesuai dengan proses pembuatan material poros, sesuai dengan tabel berikut :

Tabel 2.1 *Material Factor* (C_m)

(Sumber : *Robert L. Mott*, 2018)

Material	C_m (<i>Material Factor</i>)
<i>Wrought Steel</i>	1
<i>Cast Steel</i>	0,8
<i>Powdered Steel</i>	0,76
<i>Malleable Cast Iron</i>	0,8
<i>Gray Cast Iron</i>	0,7
<i>Ductile Cast Iron</i>	0,66

- Menentukan *Type of Stress Factor* (C_{st}) untuk *bending stress* ($C_{st} = 1$), dan axial tension ($C_{st} = 0,8$)
- Menentukan *Reliability Factors* (C_R) dengan menentukan persentase keandalan (*reliability*) yang diinginkan sesuai tabel berikut ini :
- Menentukan *Size Factors* (C_S) dengan melihat diagram (Gambar : *Size Factors* (C_S)) dan petunjuk tabel berikut :

Tabel 2.2 *Reliability Factor* (C_R)

(Sumber : Robert L. Mott, 2018)

Persentase Keandalan (Reliability) yang diinginkan	C_R (Reliability Factor)
0,5	1
0,9	0,9
0,99	0,81
0,999	0,75

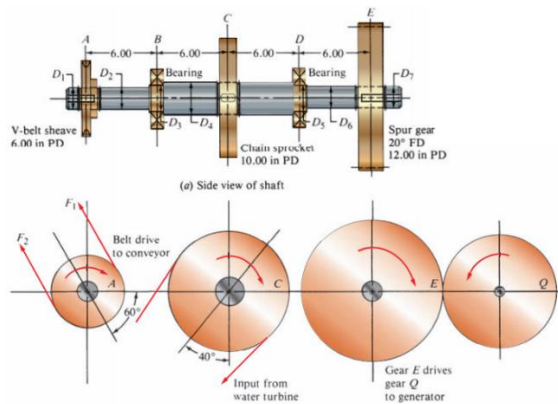
7. Menghitung torsi yang terjadi pada shaft (poros) dengan mengetahui daya motor listrik dan putaran shaft (poros), menggunakan rumus :

$$T = \frac{63.000 (P)}{n} \dots\dots\dots(2.1)$$

Catatan:

- T : Torsi (lb.in / Nm)
 P : Daya Motor Listrik (HP / kW)
 n : Putaran Poros (rpm)

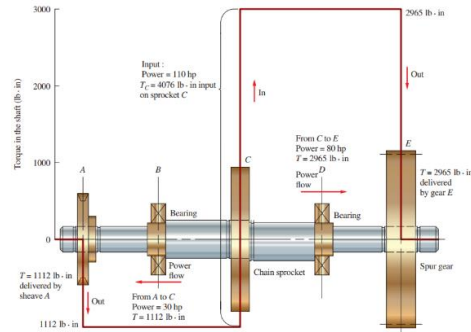
8. Membuat desain poros (shaft) menggunakan Free Body Diagram (FBD)



Gambar 2.14 Free Body Diagram (FBD) pada poros

(Sumber : Robert L. Mott, 2018)

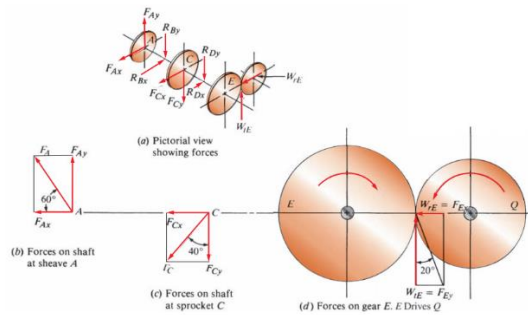
9. Membuat diagram distribusi torsi pada poros (shaft)



Gambar 2.15 Diagram Distribusi Torsi pada Poros

(Sumber : Robert L. Mott, 2018)

10. Membuat diagram gaya dan momen



Gambar 2.16 Diagram Gaya dan Momen pada Poros

(Sumber : Robert L. Mott, 2018)

11. Menghitung momen *bending* dengan menghitung resultan momen pada bidang *x* dan *y* menggunakan rumus :

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

Catatan :

- M : Momen Bending (lb.in / Nm)
- M_x : Momen pada Bidang Horizontal (lb.in / Nm)
- M_y : Momen pada Bidang Vertikal (lb.in / Nm)

12. Jika tidak terjadi momen bending akibat adanya torsi, hanya terjadi gaya geser vertikal sama dengan reaksi pada bearing, maka diameter minimal poros dapat dihitung menggunakan rumus :

$$ds \geq \sqrt[6]{\frac{16^2 M_B^2 + 16^2 M_T^2}{\pi^2 \left(\frac{k_s S_{yp}}{sf}\right)^2}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Catatan :

- Ds : Diameter poros (mm)
- Mb : Momen Bending (Nm)
- Mt : Momen Torsi (Nm)
- ks : Koefisien
- Syp : *Tensile Strength, Yeild* (MPa)
- Sf : *Safety Factor*

13. Menghitung tegangan yang terjadi sesuai syarat aman untuk poros pejal dapat dinyatakan :

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{16 \times Mb}{\pi \times D^3}\right)^2 + \left(\frac{16 \times Mt}{\pi \times D^3}\right)^2} \leq \frac{\sigma_{yps}}{sf}$$

Catatan :

- D : Diameter Poros (Inch/mm)
- τ_{max} : Tegangan Maksimal (psi / MPa)
- sf : Safety Factor
- Mb : Momen Bending (lb.in / Nm)
- Mt : Momen Torsi (lb.in/Nm)
- σ_{yps} : *Tensile Yield Strength* (psi / MPa)

14. Menghitung tegangan-tegangan yang terjadi pada poros (shaft) sesuai (Collins et al, 2010), antara lain tegangan bending, tegangan geser, maximum equivalent stress (Von-Misses Stress), dan safety factor:

- Tegangan *Bending*

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} = \frac{32.M}{\pi.d^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Catatan :

- σ_x : Tegangan Bending Maksimal (MPa)
- M : Momen Bending (Nm)
- d : Diameter Poros (m)

- Tegangan Geser

$$\tau_{xy} = \frac{Tr}{J} = \frac{16.T}{\pi.d^3} \dots\dots\dots(2.5)$$

Catatan:

- τ_{xy} : Tegangan Geser Maksimal (MPa)
- T : Torsi Maksimal yang terjadi (Nm)
- d : Diameter Poros (m)

- *Maximum Equivalent Stress (Von-Misses)*

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \dots\dots\dots(2.6)$$

Catatan :

- σ_{eq} : Von-Misses Stress (MPa)
- σ_x : Tegangan Bending Maksimal (MPa)
- τ_{xy} : Tegangan Geser Maksimal (MPa)

- *Safety Factor*

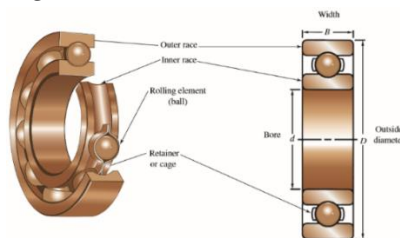
$$S_f = \frac{S_{yp}}{\sigma_{eq}} \dots\dots\dots(2.7)$$

Catatan :

- Sf : Safety Factor (MPa)
- Syp : Tensile *Yield Strength* Material (MPa)
- σ_{eq} : Von-Misses Stress (MPa)

Sesuai perhitungan tegangan-tegangan yang terjadi pada poros (shaft) dengan persamaan diatas, maka hasil perhitungan digunakan sebagai acuan dalam validasi simulasi berbasis metode elemen hingga (finite element method), sehingga persentase error antara perhitungan teoritis dengan simulasi dapat dibandingkan hasilnya.

2.7.2. Perencanaan *Bearing* (Bantalan)



Gambar 2.17 *Single-row, Deep-groove Ball Bearing*

(Sumber : *Robert L. Mott*, 2018)

1. Data yang diketahui:
 - a. Mengetahui beban radial (*radial load*) dan beban aksial (*thrust load*). untuk beban radial memakai rumus sebagai berikut :

$$F_R = \sqrt{(F_z)^2 + (F_y)^2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Catatan :

F_R : Beban *Radial Load* (Kgf)

F_z : Gaya yang terdapat pada bidang Z (Kgf)

F_y : Gaya yang terdapat pada bidang Y (Kgf)

- b. Mengetahui putaran poros (n_{shaft})
- c. Mengetahui diameter poros (Dshaft)
- d. Merencanakan *design life bearing* (h) yang diinginkan dengan melihat tabel berikut :

Tabel 2.3 *Recommended Design Life for Bearings*

(Sumber : *Robert L. Mott*, 2018)

Application	Design life L_{10} , h
Domestic appliances, instruments, medical apparatus	1000–2000
Aircraft engines	1000–4000
Automotive	1500–5000
Agricultural equipment, hoists, construction machines	3000–6000
Elevators, industrial fans, multipurpose gearing, rotary crushers, cranes	8000–15 000
Electric motors, industrial blowers, general industrial machines, conveyors	20 000–30 000
Pumps and compressors, textile machinery, rolling mill drives	40 000–60 000
Critical equipment in continuous, 24-h operation; power plants, ship drives	100 000–200 000

Source: Eugene A. Avallone and Theodore Baumeister III, eds., *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers*, 9th ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

- 2. Perhitungan Desain Bearing (Bantalan) :
 - a. Menentukan nilai X (*Radial Factor*) dan Y (*Thrust Factor*) bearing dengan melihat gambar berikut (didapat nilai $X = 0,56$ dan $Y = 1,5$)
 - b. Menghitung beban ekivalen (P) pada bearing dengan rumus sebagai berikut :

$$P = VXR + YT \dots\dots\dots(2.9)$$

Catatan :

P : Beban Ekivalen (*Equivalent Load*) (Kgf/lb)

V : Rotation Factor, (*Inner Race Bearing Rotates* (V=1), *Outer Bearing Rotates* (V=1,2))

X : *Radial Factor*

R : *Applied Radial Load*

Y : *Thrust Factor*

T : *Applied Thrust Load*

- c. Menghitung *number of design revolutions* (Ld) dan *basic dynamic load rating* (C) dengan menggunakan rumus berikut :

$$L_d = (h)(rpm) \left(60 \frac{\text{min}}{\text{jam}} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$C = P_d \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{\frac{1}{k}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Catatan :

Pd : Beban Ekivalen (Kgf/ lb)

h : *Design Life Bearing* (hour)

k : (k = 3, untuk ball bearing dan k = 3,33 untuk roller bearing)

- d. Menentukan bearing sesuai dengan diameter poros yang telah diketahui pada (Lampiran 9 : *Dimensions for Single-row, Deep-groove Ball Bearings*) sesuai nomor seri bearing, setelah menentukan bearing sesuai kebutuhan didapat nilai *basic dynamic load rating* (C) dan *basic static load rating* (Co)
- e. Menghitung T/Co dan menghitung e menggunakan interpolasi dengan melihat tabel berikut :

Tabel 2.4 *Radial and Thrust Factor for Single-row, Deep-groove Ball Bearings*

(Sumber : Robert L. Mott, 2018)

e	T/C _o	Y	e	T/C _o	Y
0.19	0.014	2.30	0.34	0.170	1.31
0.22	0.028	1.99	0.38	0.280	1.15
0.26	0.056	1.71	0.42	0.420	1.04
0.28	0.084	1.55	0.44	0.560	1.00
0.30	0.110	1.45			

Note: X = 0.56 for all values of Y.

- f. Menghitung T/R
 - a) Jika T/R > e maka menghitung Y dengan menggunakan interpolasi sesuai dengan Tabel 2.14 dan menghitung ulang beban ekivalen (P) sesuai rumus diatas, dan menghitung *basic dynamic load rating* (C)
 - b) Jika T/R < e maka beban ekivalen (P) sesuai perhitungan awal, dan menghitung basic dynamic load rating (C)
- g. Membandingkan nilai C sesuai perhitungan (Cth) dan nilai C sesuai bearing yang dipilih sesuai nomor seri bearing pada Lampiran 2 (Cact), jika nilai (Cact) > (Cth) maka bearing aman digunakan

2.8. Analisa Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala phisis. Tipe masalah teknis dan matematis phisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur. Tipe-tipe permasalahan

struktur meliputi, analisa tegangan/stres, buckling, analisa getaran, dll. Problem non struktur yang dapat diselesaikan dengan menggunakan metode ini meliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, distribusi dari potensial listrik dan potensial magnet, dll.

Secara umum, analisa beban struktur dapat menggunakan dua pendekatan yang dilakukan dalam keadaan seimbang. Pertama, yaitu metode gaya atau fleksibilitas dengan gaya internal dan yang kedua adalah metode perpindahan atau kekakuan dengan perpindahan nodal. Pada beberapa struktur, metode konvensional tidak mampu menentukan distribusi deformasi sehingga Metode Elemen Hingga (MEH) perlu diterapkan. MEH adalah metode numerik untuk menyelesaikan masalah engineering dan matematika fisik. Metode ini menerapkan permodelan struktur dengan elemen kecil saling berhubungan yang disebut elemen hingga, di mana fungsi perpindahan yang digunakan berkaitan dengan setiap elemen tersebut.

2.8.1. Prosedur Metode Elemen Hingga

Secara umum, permasalahan berbasis MEH dapat diselesaikan menggunakan software dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pembuatan geometri awal struktur yang akan dianalisa.
2. Penentuan jenis material yang akan digunakan. Hal ini meliputi massa jenis, modulus elastis, *poisson's ratio*, dll dari material tersebut.
3. Penentuan jumlah elemen yang akan diberikan pada model geometri tersebut.
4. Pembuatan elemen pada model geometri tersebut (*Mesh generation*). Tipe *mesh* yang tersedia ada tiga jenis, yaitu *solid mesh shell*, *mesh using mid-surfaces* dan *shell mesh using surfaces*. Karena pemodelan yang dibuat dalam bentuk tiga dimensi, maka *solid mesh* merupakan tipe *meshing* yang dianjurkan. Proses ini dilakukan secara otomatis oleh komputer. Sebelum melakukan *meshing*, dilakukan penentuan kualitas dengan cara menentukan bentuk elemennya, karena bentuk elemen akan menentukan jumlah nodalnya. Ukuran elemen yang kecil akan menghasilkan kualitas mesh yang tinggi, dan akan membuat analisis lebih akurat. Setelah melakukan proses *meshing*, titik nodal dengan sendirinya akan terbentuk dan titik koordinat setiap nodal pun dapat diketahui.

5. Pemberian kondisi batas (*Boundary condition*). Hal ini meliputi pemberian jenis tumpuan sesuai dengan kondisi nyata seperti *fixed support, clamp*, dll.
6. Pemberian kondisi pembebanan (*Loading condition*). Hal ini meliputi jenis dan lokasi pembebanan sesuai dengan kondisi nyata seperti beban gaya, tekanan, momen, dll.
7. Analisa hasil. Langkah ini merupakan langkah terakhir dalam proses analisa MEH.
8. Menginterpretasikan hasil yang di dapat.

2.8.2. Manfaat Metode Elemen Hingga

MEH dapat diterapkan dalam analisa struktural maupun non-struktural. Permasalahan struktural meliputi analisa tegangan, getaran, dan beban tekuk atau buckling. Sedangkan permasalahan non-struktural di antaranya perpindahan panas, aliran cairan, dan distribusi listrik maupun potensi magnetik. Penggunaan MEH dapat memudahkan desainer untuk mendeteksi dan mengevaluasi tegangan, getaran, maupun suhu pada hasil desain sebelum prototype dibuat. Sehingga, tingkat cacat prototype tersebut menurun. Selain itu, metode ini mempunyai beberapa manfaat lain, di antaranya:

1. Dapat memodelkan geometri yang tidak beraturan dengan mudah.
2. Dapat menangani kondisi batas yang banyak dan beragam.
3. Dapat menganalisa pengaruh dinamis.

2.8.3. Software Berbasis Metode Elemen Hingga

Terdapat 2 jenis program komputer untuk menyelesaikan permasalahan dengan MEH. Pertama adalah software komersial yang menyelesaikan permasalahan rumit (General-purpose program) dan yang kedua merupakan software dengan kemampuan menyelesaikan permasalahan yang lebih spesifik (Special-purpose program).

Saat ini, banyak sekali software berbasis MEH yang dapat dioperasikan melalui personal computer (PC), di antaranya adalah ANSYS, STARDYNE, dan COSMOS. Seluruh software di atas memiliki kemampuan standar yang menyediakan informasi seperti di bawah ini:

1. Tipe elemen, seperti beam, plane stress, maupun elemen tiga dimensi
2. Tipe analisa, yaitu statis maupun dinamis
3. Sifat material, meliputi linear-elastic dan non-linear
4. Tipe pembebanan, yaitu beban terpusat, beban terdistribusi, thermal, dan perpindahan

2.9. Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan adalah suatu hal yang sangat penting dalam analisis perencanaan struktur secara keseluruhan. Faktor keamanan elemen dan sistem struktur sangat bergantung pada ketahanan struktur (bahan dan geometri), dan beban yang bekerja. Untuk merancang bagian struktur atau elemen mekanis dengan benar diperlukan untuk membatasi tekanan pada material ke tingkat yang aman agar mempunyai ketahanan terhadap beban yang diterima. Maka dari itu untuk memastikan keamanan ini, perlu untuk memilih tegangan yang diijinkan untuk membatasi beban yang diterapkan nantinya. Yang mana nilai tersebut harus lebih kecil dari tegangan yang dihasilkan oleh gaya – gaya yang bekerja pada struktur tersebut. Alasan dilakukan hal tersebut, misalnya beban yang dirancang mungkin sebenarnya berbeda dengan beban actual yang nanti akan diterima oleh struktur.

Faktor keamanan (SF) merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan pembebanan yang diijinkan (*allowable load*). Faktor keamanan adalah rasio beban yang dapat menyebabkan material gagal (*fail load*) dengan pembebanan yang diijinkan (F_{allow}). Dimana nilai dari dari fail load (F_{fail}) didapat dari hasil eksperimen uji material, dan faktor keamanan dipilih berdasarkan pengalaman. Maka nilai faktor keamanan dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$sf = \frac{F_{fail}}{F_{allow}}$$

Dimana pembebanan yang diterapkan pada struktur secara liner sangat berhubungan dengan tegangan yang berkembang dalam komponen struktur, seperti dalam kasus tersebut maka dapat dinyatakan faktor keamanan sebagai rasio tegangan kegagalan dengan tegangan yang diijinkan yaitu:

$$sf = \frac{\sigma_{fail}}{\sigma_{allow}}$$

$$sf = \frac{\sigma_{UTS}}{\sigma_{ijin}}$$

Dimana:

sf = *safety factor*

σ_{UTS} = *ultimate tensile strength (N/mm²)*

σ_{ijin} = tegangan yang diijinkan

Dalam buku “Machine Design Project”, Joseph P Vidosic memberikan safety factor berdasarkan tegangan luluh, sebagai berikut:

1. $Sf = 1,25 - 1,5$: untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.
2. $Sf = 1,5 - 2,0$: untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.
3. $Sf = 2,0 - 2,5$: untuk beban yang beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui.
4. $Sf = 2,5 - 3,0$: untuk bahan yang diketahui tanpa mengalami tes. Pada kondisi ini, beban dan tegangan rata – rata.
5. $Sf = 3,0 - 4,5$: untuk bahan yang sudah diketahui, beban dan tegangan yang tidak pasti, dan kondisi lingkungan yang juga tidak pasti
6. Beban berulang : nomor 1 sampai dengan 5
7. Beban kejut : nomor 3 – 5
8. Bahan getas : nomor 2 – 5 dikalikan dengan 2

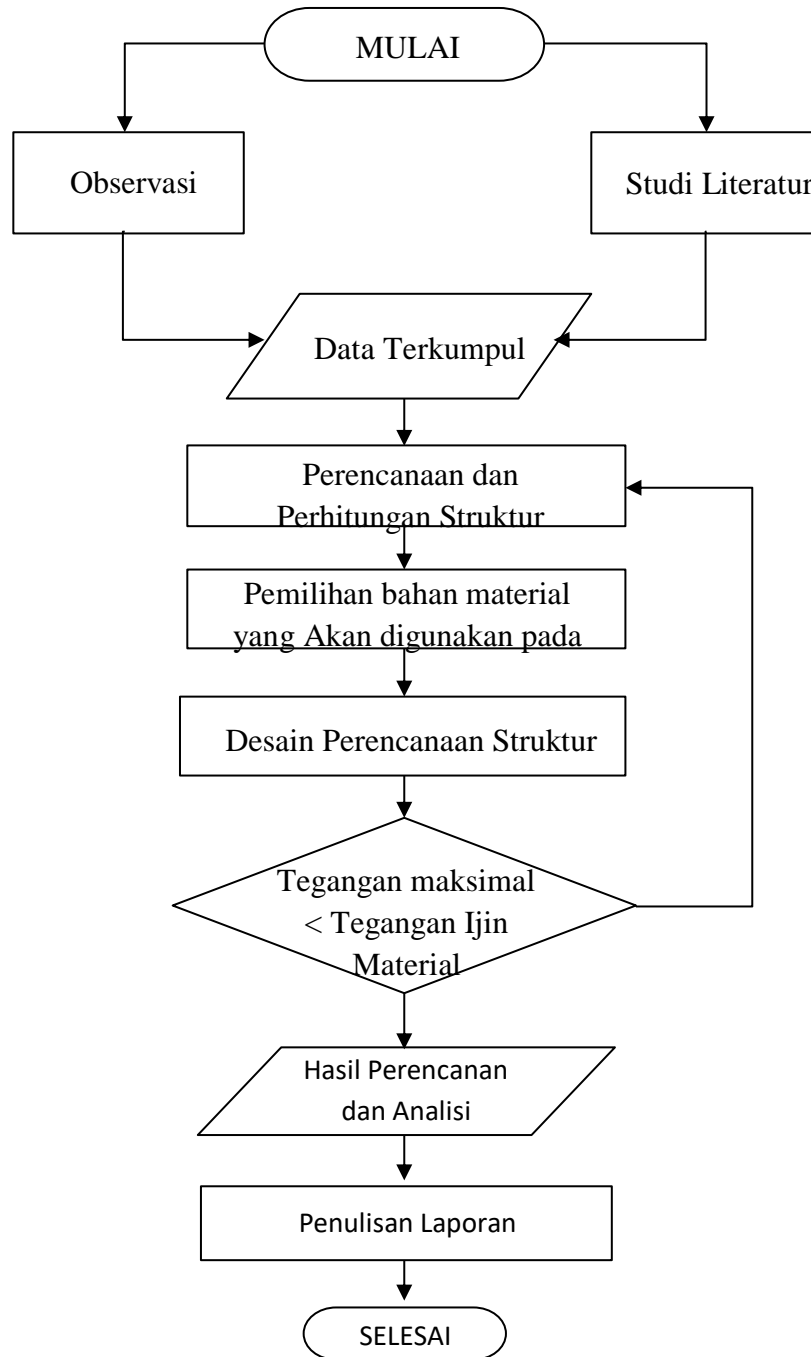
Dobrovolsky (dalam buku “*Machine Element*”), dengan menganggap faktor – faktor lain berjalan secara normal. Memberikan *safety factor* (sf) berdasarkan jenis beban sebagai berikut.

1. Beban statis : $sf = 1,25 - 2$
2. Beban dinamis : $sf = 2,1 - 3$
3. Beban kejut : $sf = 3,1 - 5$

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Penjelasan Diagram Alir Penelitian

1. Observasi

Dalam melakukan penelitian hal pertama yang dilakukan adalah observasi lapangan. Observasi lapangan bertujuan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penyusunan penelitian. Dari hasil observasi lapangan kemudian dikembangkan untuk diidentifikasi permasalahan yang terjadi sehingga akan menghasilkan rumusan masalah.

2. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari dan mempelajari tentang kajian pustaka yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan. Dalam penelitian tentang “Perencanaan Struktur iCharger dengan metode elemen hingga”. Studi literatur dapat diperoleh dari berbagai Sumber diantaranya adalah jurnal, diktat, text book dan referensi dari tugas akhir terdahulu.

3. Data Terkumpul

Setelah penulis melakukan observasi dan Studi literatur data-data yang perlu untuk pengerjaan Proyek Akhir dicatat oleh penulis untuk melakukan tahap selanjutnya dan sebagai referensi.

4. Perencanaan dan perhitungan Struktur

Melakukan Perencanaan dan perhitungan struktur ini bertujuan untuk mendapatkan desain mekanisme yang optimal dengan memperhatikan data yang telah didapat dari studi literatur dan observasi. Rencana struktur yang akan dirancang adalah struktur rangka pada iCharger.

5. Pemilihan bahan material yang akan digunakan pada struktur

Dari perencanaan dan perhitungan struktur, penulis memilih bahan material yang sesuai dalam kebutuhan dan memenuhi faktor keamanan (*safety factor*).

6. Desain perencanaan struktur

Desain perencanaan iCharger bertujuan untuk memperoleh gambar 2 dimensi dan 3 dimensi dari iCharger. Pembuatan desain juga bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai bahan yang akan digunakan serta berupa komponen apa saja yang terdapat pada struktur iCharger.

7. Tegangan Maksimal (*Equivalent-Von Misses Stress*) (σ_{eq}) < Tegangan Ijin Material (σ_{ijin})

Material dikatakan aman digunakan, jika tegangan maksimal yang terjadi (σ_{eq}) < tegangan ijin material (σ_{ijin}) sehingga material tidak mengalami kerusakan atau patah.

8. Hasil Simulasi dan Analisis

Desain pada struktur rangka iCharger dapat dikatakan aman apabila struktur rangka utama dapat menahan beban yang ada tanpa mengalami beban berlebih. Yang mana hasil simulasi dan analisis data akan terbaca pada software berbasis metode elemen hingga.

9. Penulisan Laporan

Pembuatan laporan dilakukan setelah rangkaian-rangkaian kegiatan telah dilakukan mulai dari observasi lapangan sampai hasil analisis perhitungan dan pembahasan.

3.3. Desain Struktur Rangka iCharger

3.3.1. Struktur Panel Surya pada iCharger

a. Frame Panel Surya yang terdapat pada iCharger

Perancangan desain frame Panel Surya menggunakan bahan baja profil WF, Plat baja persegi panjang untuk penyambung antara frame dengan rangka utama dan plat siku. Didapat dengan menentukan jumlah bahan yang akan digunakan pada frame panel terlebih dahulu. Berikut data dari pengukuran:

Tabel 3.1 Jumlah Bahan Rangkaian Untuk Frame

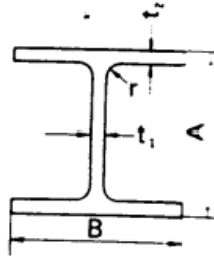
No	Bagian	Jumlah barang
1.	Baja WF	5
2.	Siku sama kaki	24
3	Besi hollow	4

b. Baja WF

Menggunakan profil baja WF sebagai frame bawah pada panel surya, dengan profil baja WF dengan ukuran 300 x 150 x 5,5 x 8 satuan (mm) memiliki berat 32 kg/m, bisa dilihat pada tabel dan gambar dibawah ini:

Tabel 3.2 Profil Baja Ukuran WF yang akan digunakan

[Dalam satuan mm		
	A	B	t
keterangan			
ukuran	298	149	5.5



Gambar 3.2 Keterangan Profil Baja WF

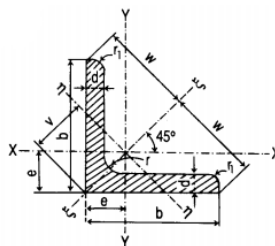
(Sumber :Gunawan, Rudy. (1988). Tabel Konstruksi Baja)

c. Baja siku sama kaki

Menggunakan profil baja siku sama kaki sebagai penyangga bagian bawah panel surya, dengan ukuran baja 20 x 20 x 3 satuan (mm) memiliki berat 0,88kg/m.

Tabel 3.3 Profil Baja Siku Sama Kaki yang akan digunakan

L	Dalam satuan mm			
keterangan	b	r	r ₁	r ₁
ukuran	20	3	3,5	2



Gambar 3.3 Keterangan Profil Baja Siku Sama Kaki

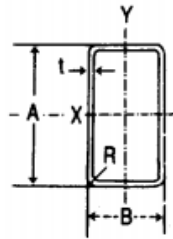
(Sumber :Gunawan, Rudy. (1988). Tabel Konstruksi Baja)

d. Besi hollow

Menggunakan besi hollow sebagai pinggiran frame, dengan ukuran 20 x 40 x 2 satuan (mm) memiliki berat 1,88kg/m.

Tabel 3.4 Profil Baja Hollow yang akan digunakan

□	Dalam satuan mm		
	A	B	t
keterangan			
ukuran	40	20	2



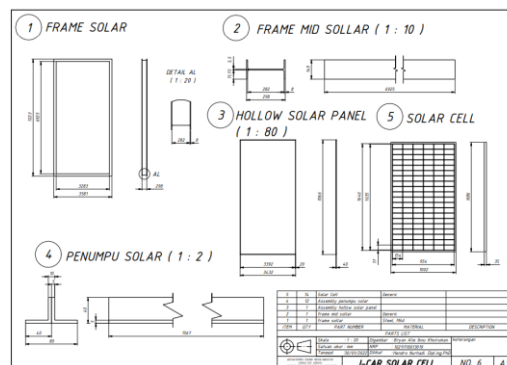
Gambar 3.4 Keterangan Profil Baja Hollow

(Sumber :Gunawan, Rudy. (1988). Tabel Konstruksi Baja)

Penyambungan Dengan menggunakan komponen yang telah disebutkan pada point a-e setelah itu menentukan ukuran framenya dengan ukuran 7114 x 3472 satuan (mm). Tahap selanjutnya adalah membuat gambar atau desain frame panel.



Gambar 3.5 Desain Struktur Rangka Frame Panel



Gambar 3.6 Isometri Struktur Rangka Panel

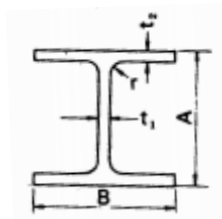
Pada waktu pemasangan rangka panel diberi kemiringan 10° , posisi kemiringan panel surya yang tepat akan sangat menentukan pemaksimalan penerimaan energi matahari. Untuk sudut kemiringan solar panel sendiri relatif. Relatif ini tergantung pada musim, yaitu musim panas, musim dingin dan musim gugur. Akan tetapi, karena di Indonesia hanya memiliki dua musim yaitu musim panas dan musim hujan, tidak diperlukan penyesuaian sudut kemiringan disetiap musimnya. Sudut 10° ini merupakan sesuai SNI tetapkan. Pada frame panel surya disambung dengan Las.

3.3.2. Struktur Rangka Utama pada iCharger

Profil baja yang akan digunakan untuk rangka utama pada iCharger adalah jenis baja WF dengan ukuran $400 \times 200 \times 7 \times 11 \times 22$ satuan (mm) dengan panjang 4388mm memiliki berat 66 kg/m terdapat juga 2 plat baja sebagai penumpu *Bearing* dengan berat 66kg serta menggunakan *Bearing* jenis UNP dengan diameter 85mm dan memiliki berat 22Kg. Menggunakan *Shaft* atau poros dengan memiliki panjang 3732mm dengan diameter 85mm dan memiliki berat 21,38Kg. Terdapat 2 besi penahan poros yang memiliki berat 0,16Kg.

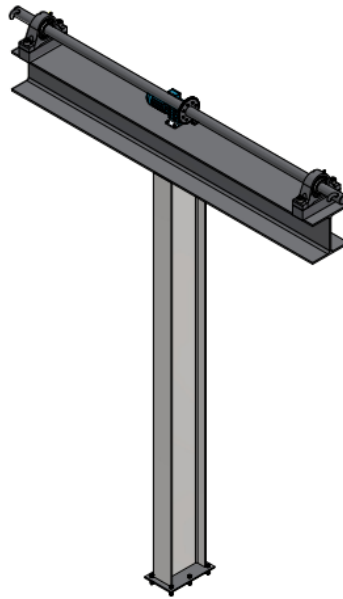
Tabel 3.5 Ukuran Profil Baja WF yang digunakan

	Dalam satuan mm				
keterangan	A	B	t_1	t_2	r
ukuran	400	200	7	11	22
ukuran	400	400	15	15	22

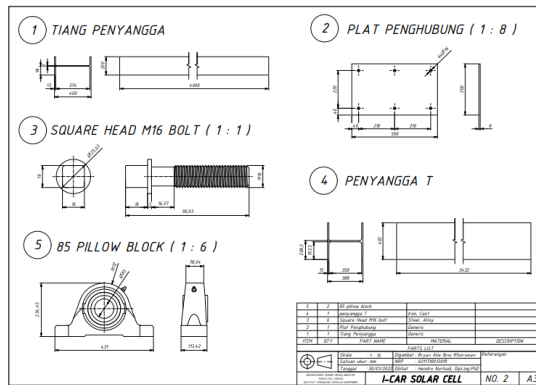


Gambar 3.7 Keterangan profil baja WF

(Sumber :Gunawan, Rudy. (1988). Tabel Konstruksi Baja)



Gambar 3.8 Desain Struktur Rangka Utama



Gambar 3.9 Isometri Struktur Rangka Utama

3.3.3. Strutur Rangka Pondasi

Pada Struktur Base Plan ini menggunakan bahan material bangunan cor beton. Terdapat pondasi 3 lapis dan strauss. Berikut data dari pengukuran pada pondasi base plant.

a. pondasi lapis pertama

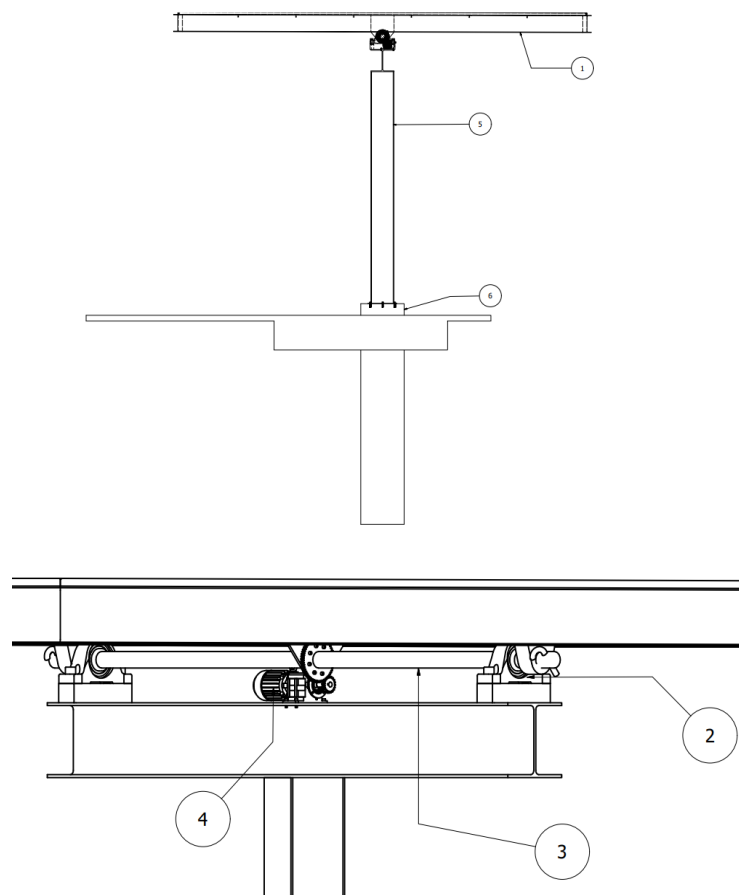
Pada pondasi lapis pertama digunakan untuk penghubung antara rangka utama dengan base plant dengan ukuran 750 x 750 x 500 dalam satuan (mm).

- e. Alat ukur
Untuk mengukur konstruksi iCharger menggunakan alat ukur meteran roll dengan panjang 7,5 meter seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.12 Meteran Roll 7,5 meter

3.4. Desain Perencanaan Struktur Konstruksi Icharger

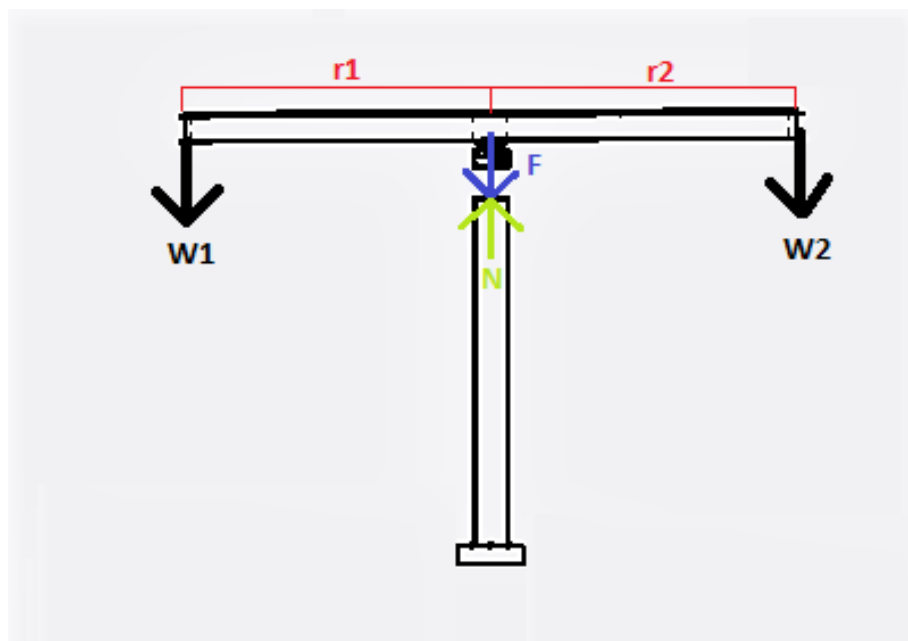


Gambar 3.13 Desain Perencanaan Struktur Icharger

Keterangan:

1. Rangka Panel Surya.
2. Bearing UCP.
3. Poros.
4. Motor AC.
5. Rangka Utama.
6. Pondasi Strauss pile

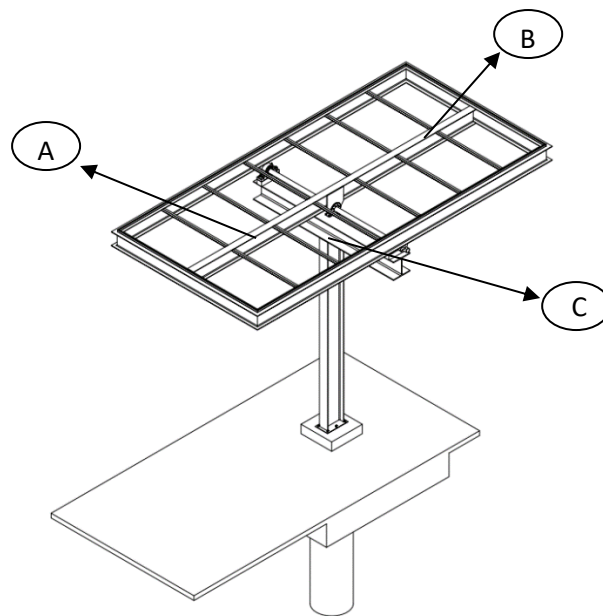
3.5. Free Body diagram



Gambar 3.14 *Free Body Diagram*

Keterangan:

- F = Gaya
 N = Gaya Normal
 W_1 = Massa Benda 1
 W_2 = Massa Benda 2
 r_1 = Jarak Benda 1
 r_2 = Massa Benda 2



Gambar 3.15 Titik-titik kritis yang terdapat pada konstruksi

Pada Gambar diatas dapat dilihat bahwa titik A dan B merupakan kondisi kritis dimana pada titik tersebut menerima beban berat dari panel surya, sedangkan pada titik C merupakan titik kritis yang dimana pada titik tersebut mendapatkan beban berat dari panel surya dan frame panel surya (baja WF). Pada kondisi kritis ini juga bisa dilihat pada hasil simulasi yang terletak pada sub-bab 4.6.5.

3.6. Simulasi Struktur iCharger dengan *Software* berbasis *FEM*

Pada tahap ini yakni simulasi pada Struktur iCharger yang telah direncanakan dengan menggunakan *software Finite Element Method (FEM)*. Sebelumnya dilakukan perhitungan secara teoritis. Jika perhitungan secara teoritis yang telah dilakukan sudah benar maka dilanjutkan ke proses analisa menggunakan *software* berbasis *Finite Element Method (FEM)*.

3.6.1. Proses *Meshing*

Proses *Meshing* adalah proses membagi komponen yang akan dianalisis menjadi elemen – elemen kecil atau diskrit. Semakin bagus kualitas mesh maka akan semakin tinggi tingkat konvergensinya. Pada Analisa yang dilakukan ini, jenis *meshing* yang digunakan adalah jenis *tetrahedron*.

3.6.2. Proses *Boundary Condition*

Selanjutnya setelah melakukan proses *meshing* adalah proses penentuan titik pembebanan beserta besarnya yaitu proses *boundary condition* atau penentuan kondisi batas. Proses ini yaitu melakukan pembebanan dengan

jumlah gaya yang telah dihitung secara teoritis. Dan diberikan beban merata atau terkonsentrasi pada struktur rangka frame tersebut. Dalam penentuan kondisi batas akan dimasukkan nilai parameter – parameter yang dibutuhkan.

3.6.3. Simulasi

Setelah melakukan proses *boundary condition*, maka proses selanjutnya adalah simulasi dengan menggunakan metode elemen hingga ini yang bertujuan untuk mengetahui hasil dari simulasi yang didapat apakah sesuai dengan tegangan yang diijinkan yaitu $\sigma_{terjadi} < \sigma_{yield}$.

3.7. Penentuan *Safety Factor*

Pada tahap ini akan memperhitungkan nilai *safety factor* dari struktur Icharger setelah diberi pembebanan maksimal menggunakan perhitungan manual dan analisis pembebanan struktur menggunakan software agar konstruksi pada struktur iCharger terjamin keamanannya. Sehingga sangat penting mengetahui tegangan yang diperbolehkan untuk agar tidak terjadi kegagalan pada rancang struktur iCharger akibat dari kesalahan dalam menentukan nilai *safety factor* yang tidak memenuhi nilai aman yang seharusnya harus kurang dari tegangan ijin yang diperoleh melalui spesifikasi material.

BAB IV

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini akan dijabarkan dan diperinci tentang Perhitungan dan perencanaan komponen-komponen Icharger mulai dari Struktur Atap, Rangka Utama, dan Pondasi.

4.1. Data Hasil Observasi dan Literatur

Setelah melakukan observasi, didapatkan data untuk mendukung perencanaan struktur rangka konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik (Icharger):

- Panel Surya
 - Tipe : Monocrystalline
 - Berat : 7,5 Kg

- Motor
 - Tipe : AC
 - Kecepatan : 1400rpm
 - Gear Box Ratio* : 1:
 - Berat : 20 Kg

- Bearing UCP
 - Ukuran : 85mm
 - Berat : 11 Kg

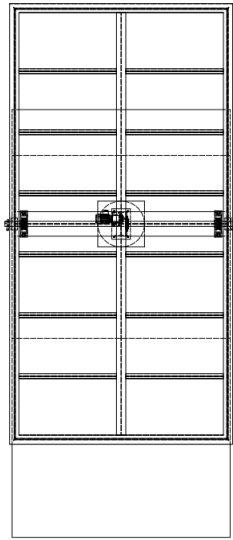
- Profil Baja yang digunakan untuk frame panel
 - Baja WF : 300 x 150 x 5,5 x 8 mm
 - Berat : 32 Kg/m

 - Baja Siku : 20 x 20 x 3 mm
 - Berat : 0,88 Kg/m

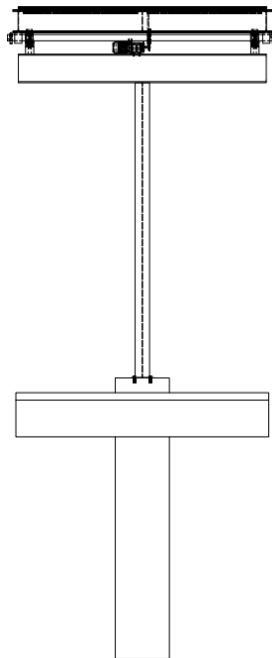
 - Baja Hollow : 20 x 40 x 2 mm
 - Berat : 1,88 Kg/m

- Profil Baja yang digunakan untuk Rangka Utama
 - Baja WF : 300 x 500 x 8 mm
 - Berat : 56,6 Kg/m

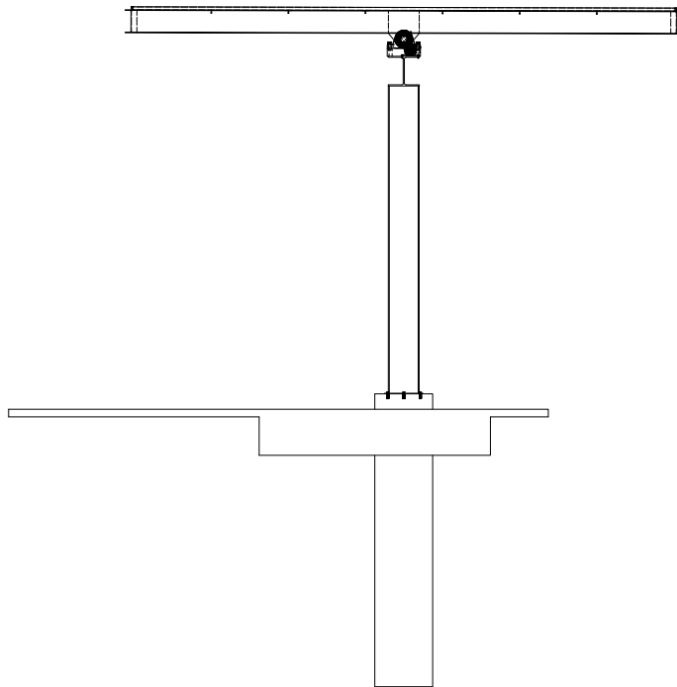
 - Baja WF : 400 x 400 x 15 x 15 mm
 - Berat : 140 Kg/m



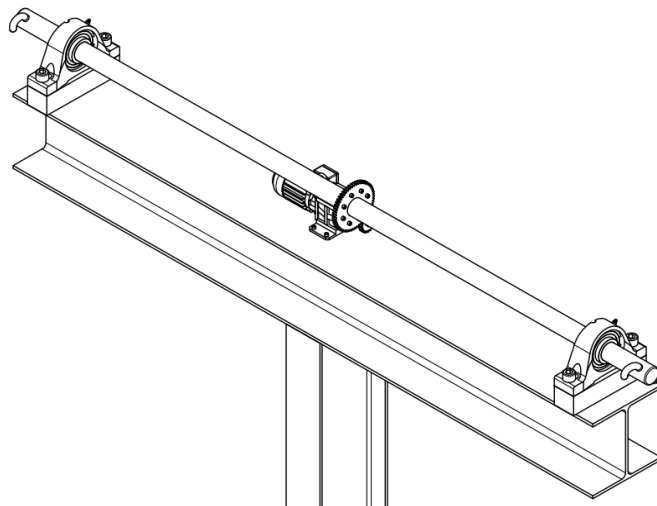
Gambar 4.1 Tampak Atas Struktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik



Gambar 4.2 Tampak Depan Struktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik



Gambar 4.3 Tampak Samping Struktur Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik

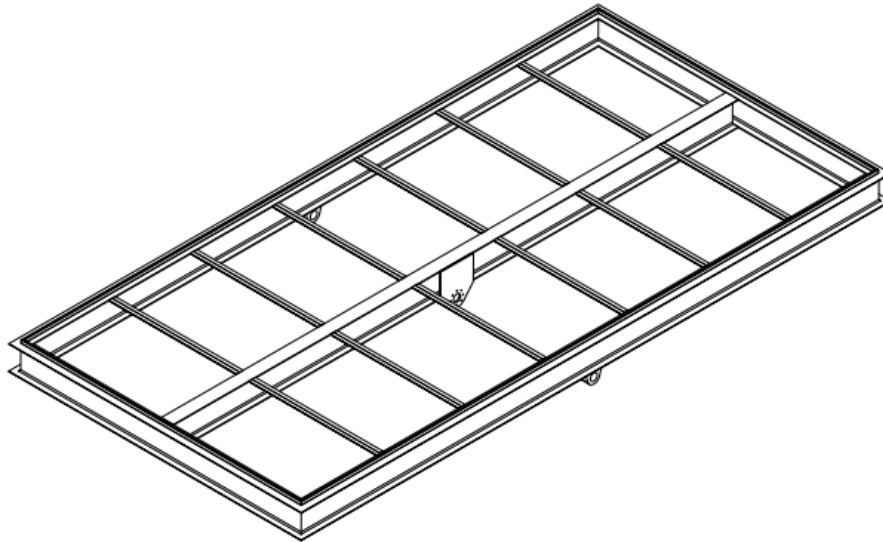


Gambar 4.4 Komponen Penggerak *Frame Panel*

4.2. Perencanaan struktur rangka iCharger

Pada Struktur Rangka I-Charger terdapat berbagai macam profil baja mulai dari profil Baja WF, Baja Siku, Baja Hollow dan beberapa plat baja.

4.2.1. Frame Panel Surya



Gambar 4.5 *Frame* Panel Surya

Pada *frame* panel surya menggunakan berbagai macam baja

Ukuran Panel Surya 7114 x 3472 mm

Ukuran Baja Hollow 7074 x 34232 mm

Ukuran Baja WF 7223 x 3581 mm (Luar)

Ukuran Baja WF 6925 mm (Dalam)

Ukuran Baja Siku 1567 mm

Tabel 4.1 Berat Baja per meter yang terdapat pada *frame* panel surya

Jenis Baja	Berat Baja per meter
Hollow	1,88 kg/m
Wide Flange	32 kg/m
Siku	0,88 kg/m

Massa Baja per meter yang terdapat pada *frame* panel surya:

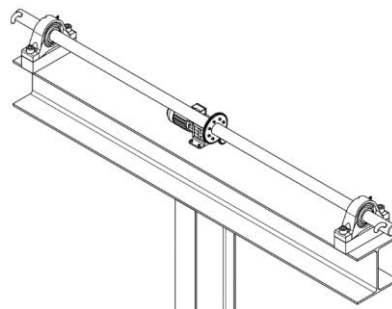
- Hollow Panjang : 7074mm -> 14,55 Kg
Lebar : 3432mm -> 6,45 Kg
- Siku : 1567mm -> 1,37 Kg
- WF Luar Panjang : 7223mm -> 231,1 Kg
Lebar : 3581mm -> 114,5 Kg
- WF Dalam : 6925mm -> 225,6 Kg
- Besi Penumpu
Sisi Kanan : 11,8 Kg
Sisi Kiri : 11,8 Kg
- Besi Plat Tengah : 16,8 Kg

Massa yang pada *frame* panel surya:

- Hollow 2 Panjang : 29,1 Kg
2 Lebar : 12,9 Kg
- Siku 24 Batang : 32,88 Kg
- WF Luar 2 Panjang : 462,2 Kg
2 Lebar : 114,5 Kg
- WF Dalam : 225,6 Kg
- Besi Penumpu
Sisi Kanan : 11,8 Kg
Sisi Kiri : 11,8 Kg
- Besi Plat Tengah : 16,8 Kg

Total Massa *frame* panel surya: 1032,1 Kg

4.2.2. Komponen Penggerak pada Titik Tumpu



Gambar 4.6 Komponen Penggerak *Frame* Panel

Pada bagian titik tumpu ini terdapat komponen Motor AC, Bearing UNP, Poros atau Shaft, Gear dengan ratio 1 : 2,85.

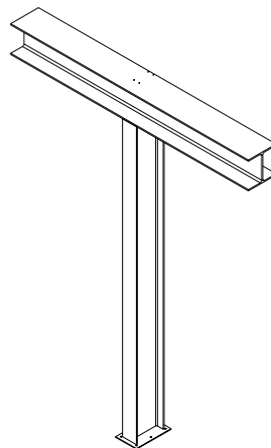
Massa yang terdapat pada titik tumpu:

- Massa poros/shaft : 21,38 Kg
- Diameter poros/shaft : 80 mm
- Besi penahan poros : 0,16 kg
- Panjang poros : 3732 mm
- Diameter Bearing : 80 mm
- Massa Bearing : 11Kg
- Massa Motor : 9,80Kg
- Motor yang dipakai : AC gear motor 5M60GN-C
- Gear Ratio : 1 : 2,85
- Massa Gear 1 : 3,6 Kg
- Massa Gear 2 : 0,48 Kg
- Besi penumpu Bearing: 33 Kg

- Perhitungan Berat Motor
pada perhitungan ini untuk menentukan berat daripada motor yang telah di tentukan massa pada spesifikasi motor diatas.

$$\begin{aligned}\Sigma F &= m \times g \\ &= 9,80 \times 9,81 \\ &= 96,138 \text{ N}\end{aligned}$$

4.2.3. Struktur Rangka Utama



Gambar 4.7 Struktur Rangka utama

Terdapat baja dengan profil WF 40x40 dengan massa 140 kg per meter, Baja WF 40x20 dengan massa 66 kg per meter dan plat besi untuk penyambung antara struktur utama dengan pondasi strauss pile. Berikut ukuran dan massa yang terdapat pada Struktur utama:

- Ukuran Baja WF 40x40 : 3432mm
- Ukuran Baja WF 40x20 : 4000mm
- Massa Baja WF 40x40 : 480,4 Kg
- Massa Baja WF 40x20 : 264 Kg
- Plat Besi : 1,19 Kg
- Ukuran Plat Besi : 500mm x 300mm

4.2.4. Perhitungan Angkur

Pada perhitungan angkur ini menggunakan rumus yang terdapat pada buku SNI BAJA 1729-2015.

$$\uparrow +\Sigma F = 0$$

$$N - W \cdot \cos\theta = 0$$

$$N - m \cdot g \cdot \cos\theta = 0$$

$$N = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$N = 1032 \cdot 9,81 \cdot \cos 30$$

$$N = 10123,92 \cdot 0,866$$

$$N = 8767,31 \text{ N}$$

- Kebutuhan angkur

$$H = 807,05 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah perletakan (n)} = 6 \text{ buah}$$

$$d_{\text{angkur}} = 2,5 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{\pi}{4} \times d_{\text{angkur}}^2 = \frac{\pi}{4} \times 2,5^2 = 4,90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Beban tiap perletakan} = \frac{H}{n} = \frac{807,05}{6} = 134,5 \text{ ton}$$

$$\text{Kekuatan Geser Nominal Baut} = 4570 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\text{Bidang Geser (m)} = 1$$

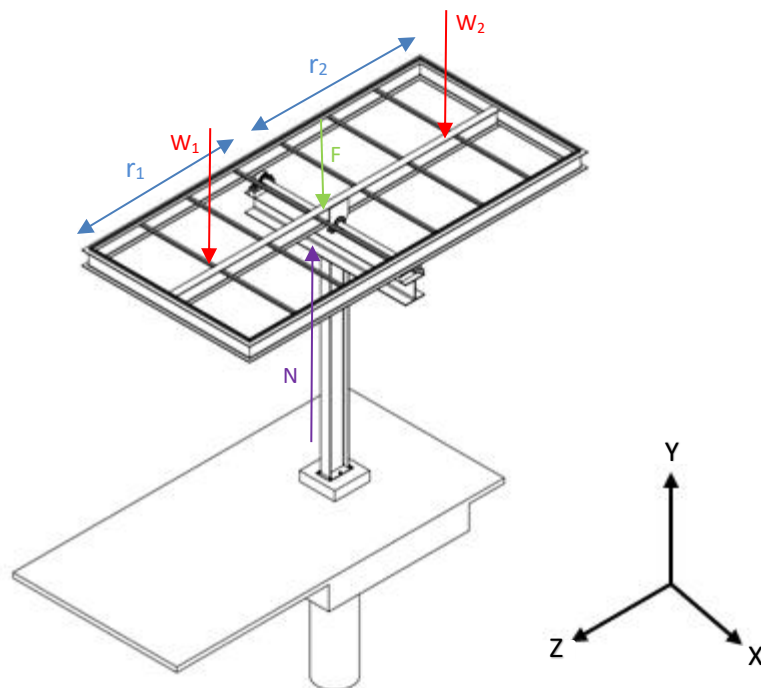
$$Vn = 0,6 \times \text{Kuat Geser} \times A_s \times m = 0,6 \times 4570 \times 4,90 \times 1$$

$$Vn = 13435,8 \text{ Kg} \rightarrow 14,81 \text{ ton}$$

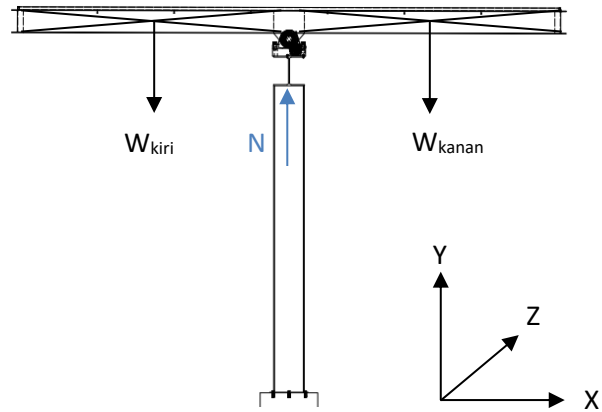
$$\emptyset Vn = 0,75 \times Vn = 0,75 \times 14,81 = 11,10 \text{ ton}$$

4.3. Diagram Benda Bebas struktur Rangka

Setelah menghitung massa yang terdapat pada struktur rangka iCharger dapat dilanjut ke perhitungan diagram benda bebas struktur iCharger. Berikut Perhitungan *Free Body Diagram* struktur iCharger:



Gambar 4.8 *Free Body Diagram* Struktur Konstruksi iCharger



Gambar 4.9 Struktur iCharger dalam keadaan sejajar pada grafik 2 dimensi

Pada keadaan atau sebelum struktur panel surya bergerak dapat dihitung langsung Gaya-nya.

$$\uparrow +\Sigma F = 0$$

$$-W_{kiri} + N - W_{kanan} = 0$$

$$-m_{kiri} \cdot g + N - m_{kanan} \cdot g = 0$$

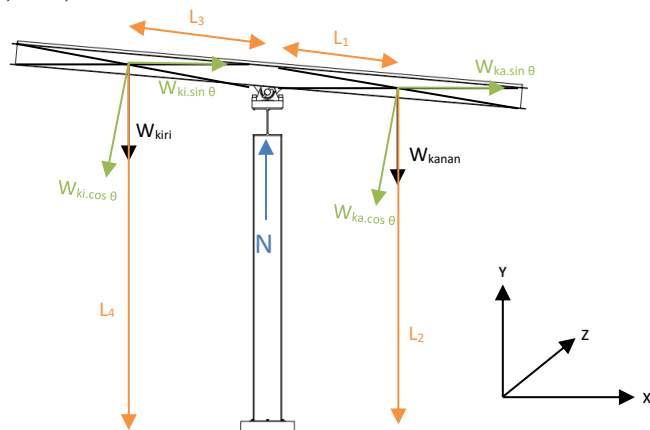
$$N = (m_{kiri} + m_{kanan})g$$

$$N = (516 + 516) \cdot 9,81$$

$$N = 1032 \times 9,81$$

$$N = 10123,92 \text{ N}$$

- Sudut *frame* panel surya yang akan digunakan pada perhitungan konstruksi 5°, 10°, 15°.



Gambar 4.10 Frame Panel Surya dengan kemiringan 5° pada grafik 2 dimensi

Jika frame panel surya berada pada sudut 5° dapat dihitung seperti rumus pada diatas untuk mencari Gaya dan Momen pada struktur.

$$\uparrow +\Sigma F_{xz} = 0$$

$$N - W \cdot \cos\theta = 0$$

$$N - m \cdot g \cdot \cos\theta = 0$$

$$N = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$N = 1032 \cdot 9,81 \cdot \cos 5$$

$$N = 10123,92 \cdot 0,99$$

$$N = 8767,31 \text{ N}$$

$$\curvearrowright \Sigma M_{konstruksi} = M_{ka} - M_{ki}$$

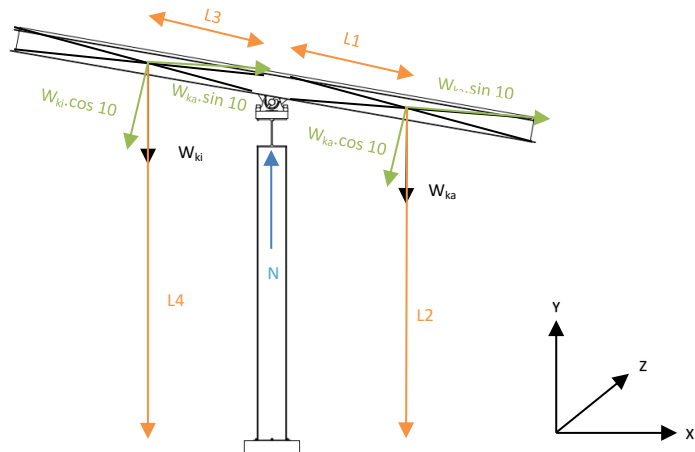
$$M_{konstruksi} = (-L_3 \cdot W_2 \cdot \cos 5 - L_4 \cdot W_2 \cdot \sin 5) - (L_1 \cdot W_1 \cdot \cos 5 + L_2 \cdot W_1 \cdot \sin 5)$$

$$M_{konstruksi} = (-1,806 \cdot 5062 \cdot 0,99 - 5,303 \cdot 5062 \cdot 0,08) - (1,806 \cdot 5062 \cdot 0,99 + 5,103 \cdot 5062 \cdot 0,08)$$

$$M_{konstruksi} = (-6903,04 \text{ Nm}) - (6984,04 \text{ Nm})$$

$$M_{konstruksi} = 13887,08 \text{ Nm}$$

Jika frame panel surya berada pada sudut kemiringan 10° dapat dihitung di atas untuk mencari Gaya dan Momen pada struktur.



$$N = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$N = 1032 \cdot 9,81 \cdot 10$$

$$N = 10123,92 \cdot 0,98$$

$$N = 9970,11 \text{ N}$$

$$\sum M_{\text{konstruksi}} = M_{ka} - M_{ki}$$

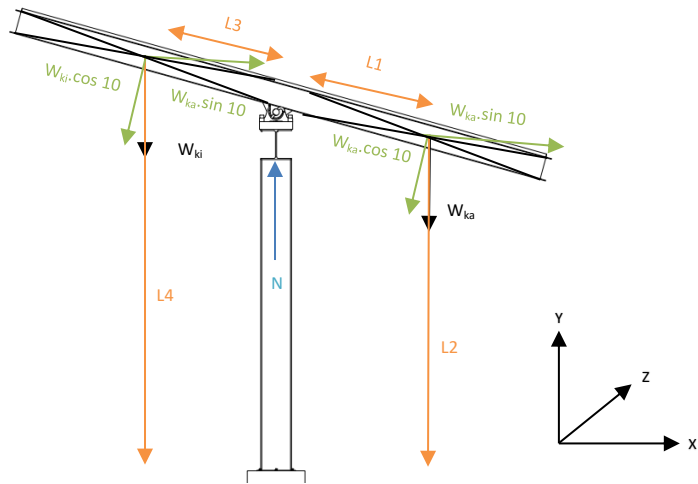
$$M_{\text{konstruksi}} = (-L_3 \cdot W_2 \cdot \cos 10 - L_4 \cdot W_2 \cdot \sin 10) - (L_1 \cdot W_1 \cdot \cos 10 + L_2 \cdot W_1 \cdot \sin 10)$$

$$M_{\text{konstruksi}} = (-1,806 \cdot 5062 \cdot 0,98 - 5,303 \cdot 5062 \cdot 0,17) - (1,806 \cdot 5062 \cdot 0,98 + 5,103 \cdot 5062 \cdot 0,17)$$

$$M_{\text{konstruksi}} = (-13522,57 \text{ Nm}) - (13350,46 \text{ Nm})$$

$$M_{\text{konstruksi}} = 26873,03 \text{ Nm}$$

Jika frame panel surya berada pada sudut kemiringan 15° dapat dihitung di atas untuk mencari Gaya dan Momen pada struktur.



$$N = m \cdot g \cdot \cos\theta$$

$$N = 1032 \cdot 9,81 \cdot \cos 15$$

$$N = 10123,92 \cdot 0,96$$

$$N = 9778,95 \text{ N}$$

$$\sum M_{\text{konstruksi}} = M_{ka} - M_{ki}$$

$$M_{\text{konstruksi}} = (-L_3 \cdot W_2 \cdot \cos 15 - L_4 \cdot W_2 \cdot \sin 15) - (L_1 \cdot W_1 \cdot \cos 15 + L_2 \cdot W_1 \cdot \sin 15)$$

$$M_{\text{konstruksi}} = (-1,806 \cdot 5062 \cdot 0,96 - 5,303 \cdot 5062 \cdot 0,25) - (1,806 \cdot 5062 \cdot 0,96 + 5,103 \cdot 5062 \cdot 0,25)$$

$$M_{\text{konstruksi}} = (15487,23 \text{ Nm}) - (15234,13 \text{ Nm})$$

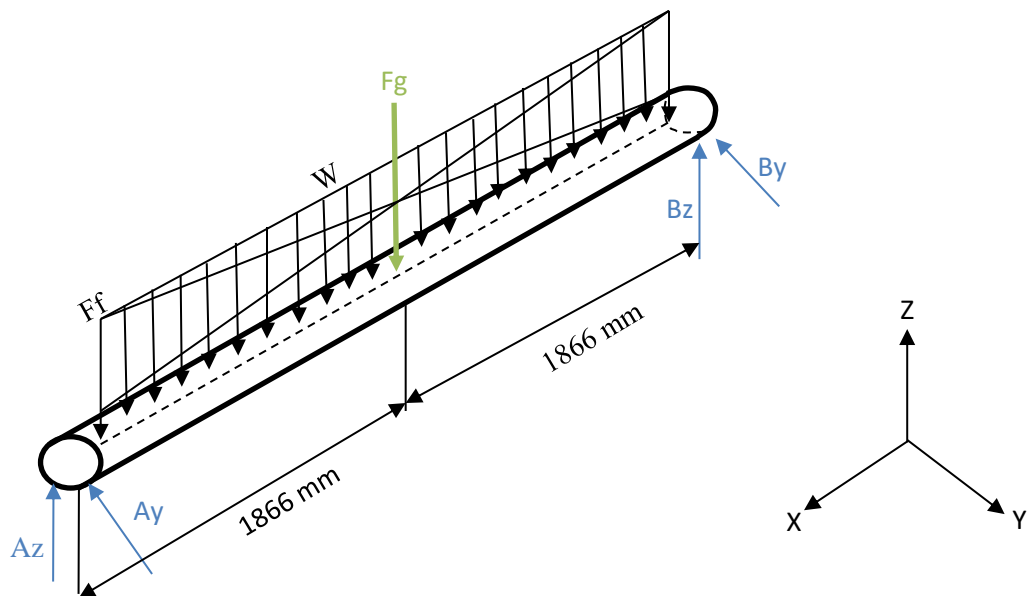
$$M_{\text{konstruksi}} = 30721,36 \text{ Nm}$$

4.4. Perhitungan Poros

Data awal yang diketahui untuk menentukan perhitungan poros (*shaft*) sesuai pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Data awal Perencanaan Poros

Data Awal Perencanaan	
Daya Motor Listrik (P)	0.0815 HP (0.06 kW)
Putaran Output (n)	37 rpm
Material Poros	AISI 4620 Steel
Tensile Ultimate Strength (s_u)	574,3 MPa
Tensile Yield Strength (s_{yp})	366,1 MPa



Gambar 4.11 Free Body Diagram Poros

4.4.1. Momen Torsi

Menghitung momen torsi (M_t) yang terjadi pada poros dengan mengetahui daya motor listrik dan putaran poros (*shaft*), menggunakan persamaan (2.1):

$$M_t = \frac{63000 \cdot P}{np} \dots\dots\dots(2.1)$$

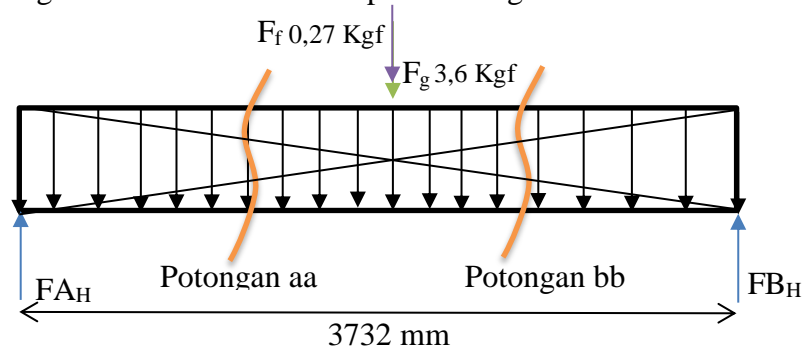
$$M_T = \frac{63000 \cdot (0.0815 \text{ HP})}{37 \text{ RPM}}$$

$$M_T = 138,770 \text{ lb.in}$$

$$M_T = 15,678 \text{ N.m}$$

Sebelum menentukan diameter poros harus menghitung diagram benda bebas poros tersebut. Terdapat poros atau shaft dengan kisaran panjang 3732mm sebagai penggerak frame panel surya. Berikut perhitungan diagram benda bebas poros:

4.4.2. Diagram Benda Bebas Poros pada bidang ZX



Gambar 4.12 Diagram Benda Bebas arah Horizontal pada sumbu x

Disetiap Gaya terdapat potongan maka dari itu pada Poros bidang *Horizontal* terdapat 2 potongan. Setiap potongan memiliki jarak 1866mm. Sebelum menghitung Momen dan Gaya yang terdapat pada potongan – potongan tersebut harus menghitung berat persatuan panjang.

Berat persatuan Panjang:

$$F_f = \frac{\text{Berat Frame}}{\text{Panjang Poros}}$$

$$\frac{1032,08 \text{ Kg}}{3732 \text{ mm}} = 0,27 \text{ Kg/mm}$$

$$F_f = 0,27 \text{ Kg/mm}$$

Pada Gambar 4.10 telah di tentukan F_g dengan besar 3,6 Kgf, F_g merupakan berat gear yang bersatu dengan poros. F_f sebesar 0,27 Kgf. Menentukan F_{AH} dan F_{BH} dengan $\Sigma M_b = 0$ dan $\Sigma F_x = 0$.

$$\Sigma M_b = 0$$

$$F_{AH} \cdot 3732 - F_f \cdot 1866 - F_g \cdot 1866 = 0$$

$$F_{AH} \cdot 3732 - 0,27 \cdot 1866 - 3,6 \cdot 1866 = 0$$

$$F_{AH} \cdot 3732 - 503,82 - 6717,6 = 0$$

$$F_{AH} \cdot 3732 = 7221.42 \text{ Kgf}$$

$$F_{AH} = 1,93 \text{ Kgf}$$

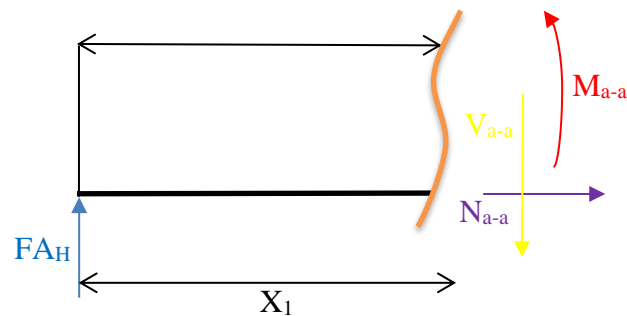
$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{AH} - F_f - F_g + F_{BH} = 0$$

$$1,93 - 0,27 - 3,6 + F_{BH} = 0$$

$$F_{BH} = 1,94 \text{ Kgf}$$

- **Potongan 1 Pada Bidang XZ**



Gambar 4.13 Diagram Benda Bebas potongan 1 sumbu x

Rumus Momen pada potongan 1:

$$\Sigma M_a = 0$$

$$M_{a-a} - F_{AH} x (X_1) = 0$$

$$M_{a-a} = F_{AH} x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf} x (X_1)$$

Untuk $0 \leq X_1 \leq 1886 \text{ mm}$

Tabel 4.3 Hasil momen pada jarak bidang XZ

$X_1(\text{mm})$	$M_1(\text{Kgf.mm})$	$M_1(\text{N.m})$
0	0	0
311	600,23	5,89
622	1200,46	11,78
933	1800,69	17,66
1244	2400,92	23,55
1555	3001,15	29,44
1866	3601,38	35,33

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 0$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \cdot 0 - 0,135 \cdot 0$$

$$M_{a-a} = 0 \text{ Kg. mm}$$

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 311 \text{ mm}$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (311)$$

$$M_{a-a} = 600,23 \text{ Kg. mm}$$

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 622 \text{ mm}$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (622)$$

$$M_{a-a} = 1200,46 \text{ Kg. mm}$$

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 933 \text{ mm}$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (933)$$

$$M_{a-a} = 1800,69 \text{ Kg. mm}$$

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 1244 \text{ mm}$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (1244)$$

$$M_{a-a} = 2400,92 \text{ Kg. mm}$$

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 1555 \text{ mm}$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (1555)$$

$$M_{a-a} = 3001,15 \text{ Kg. mm}$$

Mencari Momen pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 1866 \text{ mm}$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (X_1)$$

$$M_{a-a} = 1,93 \text{ Kgf } x (1866)$$

$$M_{a-a} = 3601,38 \text{ Kg. mm}$$

Rumus Gaya pada potongan 1:

$$\uparrow + \Sigma F_{xz} = 0$$

$$FA_H - V_{a-a} = 0$$

$$V_{a-a} = FA_H$$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$0 \leq X_1 \leq 1866 \text{ mm}$$

Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 0$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 0$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}F$$

Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 311 \text{ mm}$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 311$$
$$V_{a-a} = 600,23 \text{ Kg}F$$

Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 622 \text{ mm}$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 622$$
$$V_{a-a} = 1200,46 \text{ Kg}F$$

Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 933 \text{ mm}$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 933$$
$$V_{a-a} = 1800,69 \text{ Kg}F$$

Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 1244 \text{ mm}$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 1244$$
$$V_{a-a} = 2400,92 \text{ Kg}F$$

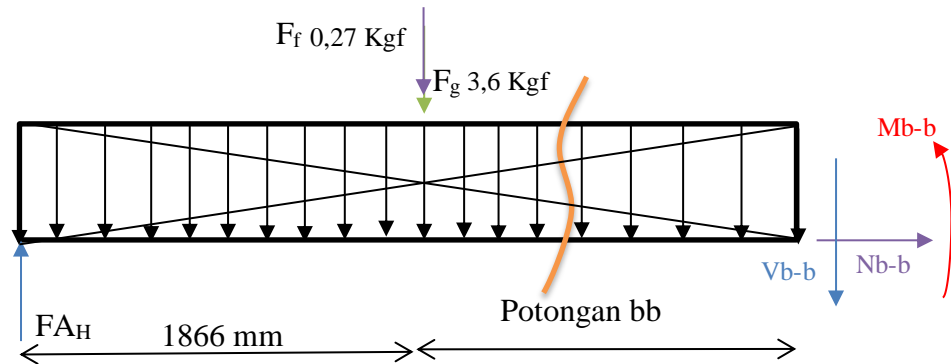
Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 1555 \text{ mm}$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 1555$$
$$V_{a-a} = 3001,15 \text{ Kg}F$$

Mencari Gaya yang terjadi pada potongan 1 dengan nilai $X_1 = 1866 \text{ mm}$

$$V_{a-a} = 1,93Kgf. (X_1)$$
$$V_{a-a} = 1,93 \text{ Kg}f - 1866$$
$$V_{a-a} = 3601,38 \text{ Kg}F$$

- Potongan 2 Poros pada bidang ZX



Gambar 4.14 Diagram Benda Bebas potongan 2 pada sumbu x

Tabel 4.4 Hasil data momen pada poros bidang XZ

X1(mm)	M1(KgF.mm)	M1(N.m)
0	3601,38	35,33
311	9975,325	97,85
622	49666,7	487,23
933	115472,745	1132,78
1244	207393,46	2034,53
1555	325428,845	3192,45
1866	469578,9	4606,57

Rumus Momen pada potongan 2:

$$\sum M_{pot2} = 0$$

$$M_{b-b} - FA_H(1866 + X_2) + F_g \cdot (X_2) + F_f \cdot \left(\frac{1}{2} X_2\right) = 0$$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} + X_2) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (X_2) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} X_2^2\right)$$

$$\text{Untuk } 0 \leq X_2 \leq 1866 \text{ mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 0$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} + 0) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (0) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 0^2\right)$$

$$M_{b-b} = 3601,38 \text{ Kg.mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 311$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} + 311) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (311) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 311^2\right)$$

$$M_{b-b} = 9975,325 \text{ Kg.mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 622$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} \times 622) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (622) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 622^2\right)$$

$$M_{b-b} = 49666,7 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 933$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} \times 933) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (933) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 933^2\right)$$

$$M_{b-b} = 115472,745 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 1244$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} \times 1244) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (1244) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 1244^2\right)$$

$$M_{b-b} = 207393,46 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 1555$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} \times 1555) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (1555) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 1555^2\right)$$

$$M_{b-b} = 325428,845 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Mencari Momen pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 1866$

$$M_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} \cdot (1866 \text{ mm} \times 1866) - 3,6 \text{ Kgf} \cdot (1866) - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot \left(\frac{1}{2} 1866^2\right)$$

$$M_{b-b} = 46957,9 \text{ Kg} \cdot \text{mm}$$

Rumus Gaya pada potongan 2:

$$\Sigma F_{pot 2} = 0$$

$$F_{AH} - F_g - F_f \cdot X \frac{1}{2} (3732 \text{ mm}) - V_{b-b} = 0$$

$$V_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} - 3,6 \text{ Kgf} - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot X \frac{1}{2} (3732 \text{ mm})$$

$$0 \leq X_2 \leq 1866 \text{ mm}$$

Mencari Gaya pada potongan 2 dengan nilai $X_2 = 0$

$$V_{b-b} = 1,93 \text{ Kgf} - 3,6 \text{ Kgf} - 0,27 \frac{\text{Kgf}}{\text{mm}} \cdot x \frac{1}{2} (3732 \text{ mm})$$

$$V_2 = 505,49 \text{ Kgf}$$

4.4.3. Momen *Bending* pada poros

Perhitungan momen *bending* poros didapat dari setiap analisa potongan poros sesuai perhitungan diatas, menggunakan persamaan (2.2) dan dipilih momen terbesar pada poros untuk menentukan diameter minimal poros yang digunakan

$$M_B = \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \dots\dots\dots(2.2)$$

$$M_{B a-a} = \sqrt{(0 \text{ Nm})^2 + (3601,38 \text{ Nm})^2}$$

$$= 3601,38 \text{ Nm}$$

$$M_{B \text{ Pot } 2} = \sqrt{(3601,38 \text{ Nm})^2 + (469578,9 \text{ Nm})^2}$$

$$= 469578,9 \text{ Nm}$$

Sesuai dengan perhitungan diatas, maka momen bending terbesar pada potongan ke-2 poros sebesar 469578,9 Nm, sehingga digunakan untuk menentukan perhitungan diameter minimal poros yang digunakan.

4.4.4. Diameter Poros

Untuk mengetahui dimensi diameter poros menggunakan persamaan (2.3)

$$ds \geq \sqrt[6]{\frac{16^2 M_B^2 + 16^2 M_T^2}{\pi^2 \left(\frac{ks Syp}{sf}\right)^2}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Diketahui:

- Ds = diameter poros (mm)
- Mb = Momen Bending (4662,64 Nm)
- Mt = Momen Torsi (15,678 Nm)
- ks = koefisien (0,5)
- Syp = Yield Strenght AISI 4620 (574,3 MPa)
- Sf = Safety Factor (3)

$$ds \geq \sqrt[6]{\frac{16^2 \cdot (469578,9 \text{ Nm})^2 + 16^2 \cdot (15,678 \text{ Nm})^2}{\pi^2 \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 574.300.000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}{3}\right)^2}} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$ds \geq 0,06283 \text{ m}$$

$$ds \geq 62,83 \text{ mm}$$

$$ds = 80 \text{ mm}$$

Setelah didapatkan diameter poros yang digunakan maka dapat menyesuaikan bahan poros apakah aman untuk digunakan.

Diameter poros minimal yang diizinkan sebesar 62,83 mm, sehingga digunakan diameter poros sebesar 80 mm atau 8 cm agar melebihi *safety factor* dan menyesuaikan ukuran diameter poros pada *frame* panel surya.

4.4.5. Tegangan yang terjadi pada poros

Tegangan-tegangan yang terjadi pada poros, terdiri dari tegangan bending (σ_x), tegangan geser (τ_{xy}), dan maximum equivalent stress / Von-Misses stress (σ_{eq}).

1. Tegangan Bending (σ_x)

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \frac{T.r}{J} \dots\dots\dots(2.4) \\ &= \frac{32.M}{\pi d^3} \\ &= \frac{32 \times (4662,64 \text{ Nm})}{\pi \times (0,06283 \text{ m})^3} \\ &= 191.483.259,5 \text{ Pa} \\ &= 191.483 \text{ MPa} \end{aligned}$$

2. Tegangan Geser (τ_{xy})

$$\begin{aligned} \tau_{xy} &= \frac{T.r}{J} \dots\dots\dots(2.5) \\ &= \frac{16.T}{\pi d^3} \\ &= \frac{16 \times (15,678 \text{ Nm})}{\pi \times (0,06283 \text{ m})^3} \\ &= 321.928,62 \text{ Pa} \\ &= 32,2 \text{ MPa} \end{aligned}$$

3. Maximum Equivalent Stress / Von-Misses stress (σ_{eq})

$$\begin{aligned} \sigma_{eq} &= \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \dots\dots\dots(2.6) \\ &= \sqrt{(191483 \text{ MPa})^2 + 3(32,2 \text{ MPa})^2} \\ &= 191483 \text{ MPa} \end{aligned}$$

4. Tegangan Ijin Material (σ_{ijin})

$$\sigma_{ijin} = \frac{S_{yp}}{sf} \dots \dots \dots (2.7)$$

$$= \frac{574,3 \text{ MPa}}{3}$$

$$= 191,43 \text{ Mpa}$$

4.5. Perhitungan Bearing

Perhitungan dan perencanaan bantalan (*bearing*) harus ditentukan data awal sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data Perhitungan Bantalan (*Bearing*)

Data Perhitungan Bantalan (<i>Bearing</i>)	
Putaran <i>Output</i> Poros (n_2)	473,7 rpm
Diameter Poros (d)	80 mm (8 cm)
Rencana Penggunaan <i>Bearing</i> (h)	8000 jam

4.5.1. Perhitungan Beban Radial Bantalan (*Bearing*)

Beban radial dihitung pada masing-masing *journal bearing*, yaitu *journal bearing* A dan *journal bearing* B, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F_R = \sqrt{(F_y)^2 + (F_z)^2} \dots \dots \dots (2.8)$$

- Beban Radial pada Bearing A

$$F_{RA} = \sqrt{(A_y)^2 + (A_z)^2}$$

$$F_{RA} = \sqrt{(1,93 \text{ kgf})^2 + (0 \text{ kgf})^2}$$

$$F_{RA} = 1,93 \text{ kgf}$$

- Beban Radial pada Bearing B

$$F_{RB} = \sqrt{(B_y)^2 + (B_z)^2}$$

$$F_{RB} = \sqrt{(1,94 \text{ kgf})^2 + (0 \text{ kgf})^2}$$

$$F_{RB} = 1,94 \text{ kgf}$$

4.5.2. Perhitungan Beban Ekuivalen Bantalan (Bearing)

Berikut ini merupakan perhitungan beban ekuivalen sesuai dengan rumus sebagai berikut :

$$P = VXR + YT \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana :

X : 1 (Radial Factor)

Y : 0 (Tidak adanya gaya thrust)

V : 1 (Karena bagian dalam bearing yang berputar)

- Beban Ekuivalen pada Bearing A

$$P_A = VXR_A + YT$$

$$P_A = 1 \times 1 \times 1,93 \text{ kgf} + 0$$

$$P_A = 1,93 \text{ kgf}$$

- Beban Ekuivalen pada Bearing B

$$P_B = VXR_B + YT$$

$$P_B = 1 \times 1 \times 1,94 \text{ kgf} + 0$$

$$P_B = 8,6907 \text{ kgf}$$

4.5.3. Perhitungan Basic Dynamic Load Rating (C)

Menghitung basic dynamic load rating (C) menggunakan rumus sebagai berikut :

$$L_d = (h)(n) \left(60 \frac{\text{min}}{\text{jam}} \right) \dots\dots\dots(2.10)$$

$$C = P_d \left(\frac{L_d}{10^6} \right)^{1/k} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana :

K : 3 (karena menggunakan ball bearing)

- *Basic Dynamic Load Rating (C) Bearing A*

$$L_{dA} = (8000 \text{ jam})(473,7 \text{ rpm}) \left(60 \frac{\text{min}}{\text{jam}}\right) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$L_{dA} = 227,376 \times 10^6 \text{ rev}$$

$$C_A = P_A \left(\frac{L_{dA}}{10^6}\right)^{1/k}$$

$$C_A = 1,93 \text{ kgf} \times \left(\frac{227,376 \times 10^6 \text{ rev}}{10^6}\right)^{1/3}$$

$$C_A = 11,78 \text{ kgf}$$

- *Basic Dynamic Load Rating (C) Bearing B*

$$L_{dB} = (8000 \text{ jam})(473,7 \text{ rpm}) \left(60 \frac{\text{min}}{\text{jam}}\right) \dots \dots \dots (2.10)$$

$$L_{dB} = 227,376 \times 10^6 \text{ rev}$$

$$C_B = P_B \left(\frac{L_{dB}}{10^6}\right)^{1/k}$$

$$C_B = 1,94 \text{ kgf} \times \left(\frac{227,376 \times 10^6 \text{ rev}}{10^6}\right)^{1/3}$$

$$C_B = 11,84 \text{ kgf}$$

4.5.4. Penentuan Bantalan (*Bearing*)

Penentuan bantalan (*bearing*) menggunakan bearing jenis UCP, berikut merupakan perhitungan dan penentuan *bearing* :

- Menggunakan bearing jenis UCP 216 (*SKF Bearing Catalogue*) karena menyesuaikan ukuran dari poros (*Shaft*) sebesar 80 mm atau 8 cm, dengan *basic load static* (C_o) dan *basic load dynamic* (C), sebagai berikut :

- C_o : 54 kN
- C : 71,5 kN

- Pengecekan keamanan *bearing A*

$$C_{th} = 11,78 \text{ kgf} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$C_{th} = 115,5618 \text{ N}$$

$$C_{act} = 71500 \text{ N}$$

Sesuai dengan perhitungan diatas diambil kesimpulan bahwa $C_{th} < C_{act}$, maka menggunakan UCP 216 dianggap aman digunakan

c. Pengecekan keamanan *bearing* B

$$C_{th} = 11,84 \text{ kgf} \times 9,81 \frac{m}{s^2} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$C_{th} = 116,1504 \text{ N}$$

$$C_{act} = 71500 \text{ N}$$

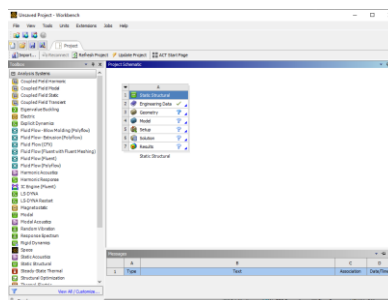
Sesuai dengan perhitungan diatas diambil kesimpulan bahwa $C_{th} < C_{act}$, maka menggunakan UCP 216 dianggap aman digunakan

4.6. Analisis Struktur Konstruksi Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik menggunakan *Software* berbasis FEM

Setelah menghitung data dengan perhitungan secara teori selanjutnya dapat dilakukan menganalisa data tersebut menggunakan aplikasi. Simulasi ketahanan struktur konstruksi ini menggunakan aplikasi berbasis *finite element method* untuk memperkirakan apakah sturktur konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik ini merupakan konstruksi *safety* atau tidak.

4.6.1. Memasukkan data ke dalam aplikasi berbasis *finite element method*

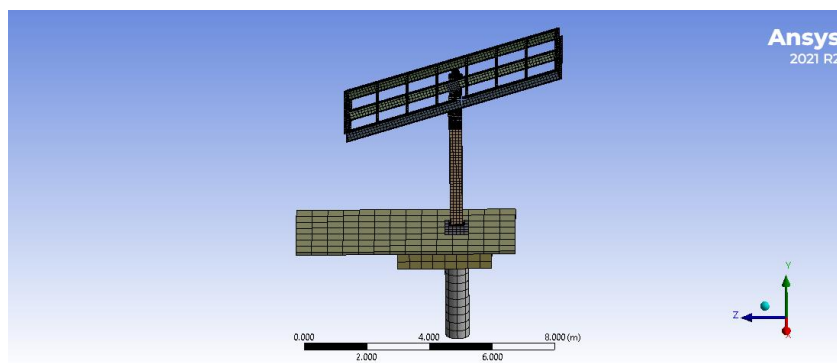
Untuk menentukan kuat atau tidaknya suatu konstruksi dapat dilihat melalui simulasi *statistic structural*. analisa tersebut merupakan analisa yang memperhitungkan data-data pembebanan yang terdapat pada struktur konstruksi.



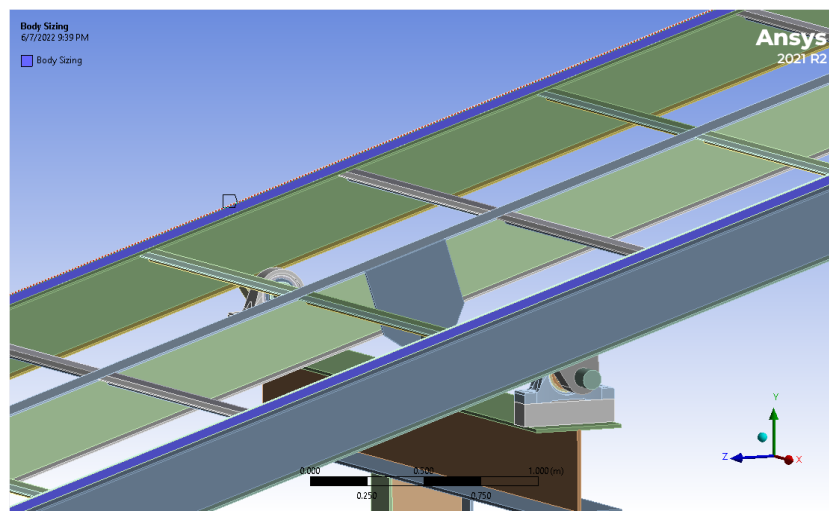
Gambar 4.15 Memasukkan data pada *software*

4.6.2. Proses Meshing

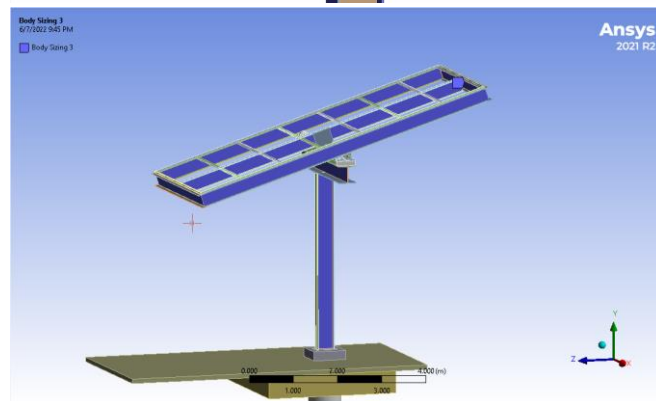
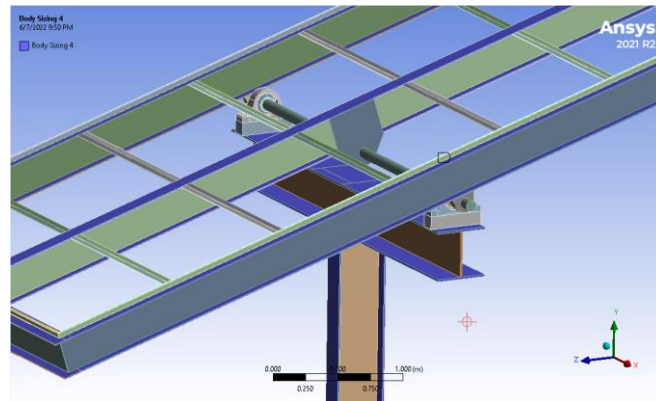
Pada proses kali ini menggunakan noda yang berbeda-beda pada teruntuk frame panel dikarenakan terdapat struktur yang kompleks. Untuk pada baja WF menggunakan noda dengan nilai 0,1 m untuk bagian sisi kanan kiri dan bagian atas bawah memiliki noda dengan nilai 0,075 m. Untuk hollow menggunakan noda dengan nilai 0,2 m. Untuk bagian poros menggunakan noda dengan nilai 0,04 m. Pada proses *meshing* bagian struktur baja WF menggunakan *MultiZone* sedangkan pada bagian struktur baja hollow menggunakan metode *Hexdominant*. untuk letak bagian *meshing* bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



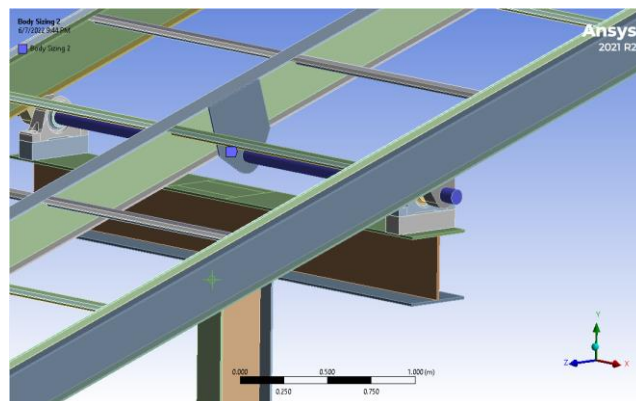
Gambar 4.16 Proses *Meshing* Struktur konstruksi



Gambar 4.17 Proses *Meshing* Struktur baja Hollow



Gambar 4.18 Proses *Meshing* Struktur baja WF

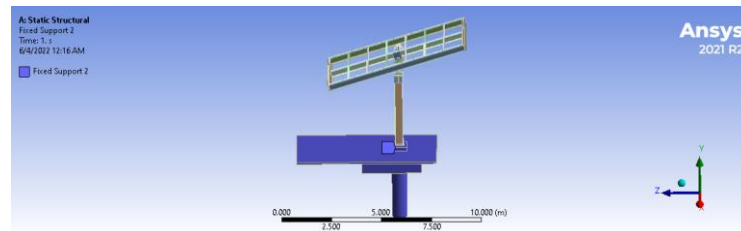


Gambar 4.19 Proses *Meshing* Struktur porous

4.6.3. Menentukan *Fix Support* atau dudukan

Setelah melakukan *meshing* pada setiap bagian-bagian dapat langsung menentukan letak *fix support*. *Fix support* sendiri merupakan bagian struktur yang diam atau tidak bergerak sama sekali. Seperti pada fungsinya

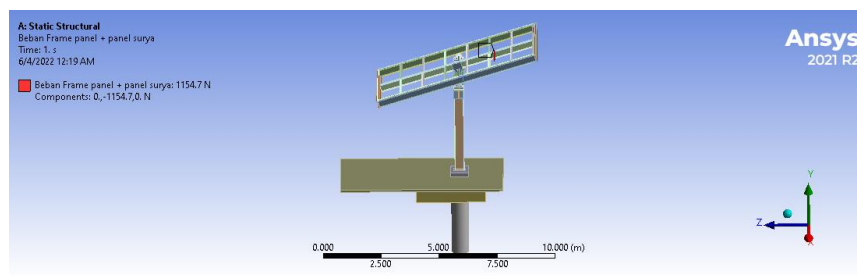
untuk bagian yang ditetapkan sendiri adalah bagian pondasi dikarenakan bagian tersebut merupakan bagian yang terletak dibawah tanah, sehingga struktur pondasi merupakan tidak bergerak atau diam. Untuk letak bagian struktur pondasi bisa dilihat pada gambar dibawah ini.



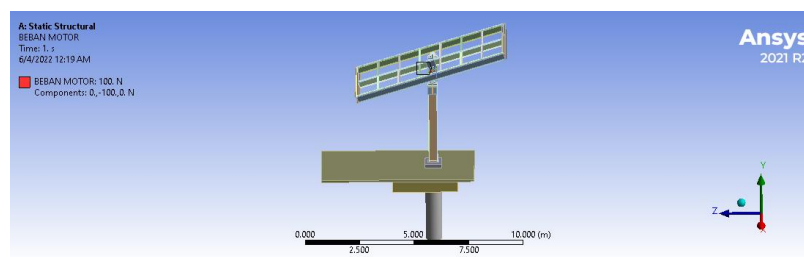
Gambar 4.20 Menentukan *Fix Support*

4.6.4. Memberikan gaya pada struktur

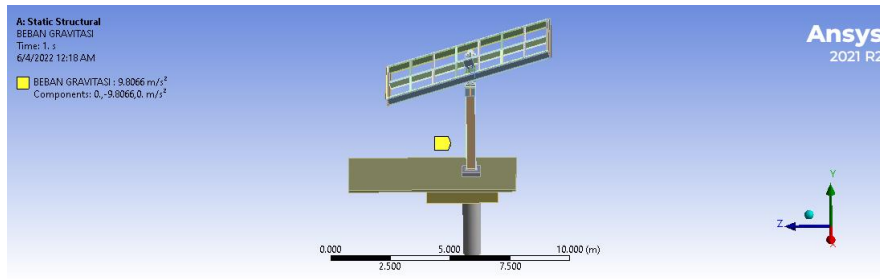
Setelah menentukan letak fix support, lalu *input* beban-beban yang terdapat pada struktur konstruksi iCharger. Dimana beban-beban yang terdapat beban panel surya beserta *frame* panel surya, beban motor dan beban gravitasi. Untuk nilai beban-beban tersebut bias dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.21 *Input* Beban Panel Surya beserta *frame* panel surya



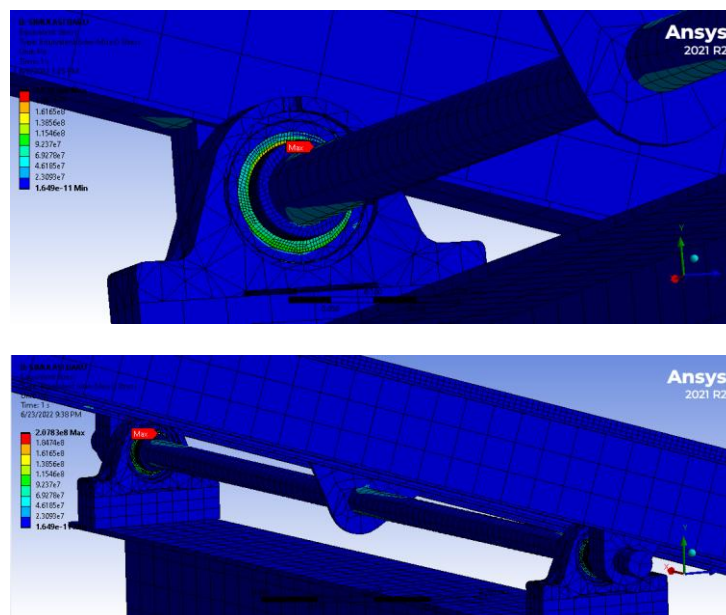
Gambar 4.22 *Input* Beban Motor



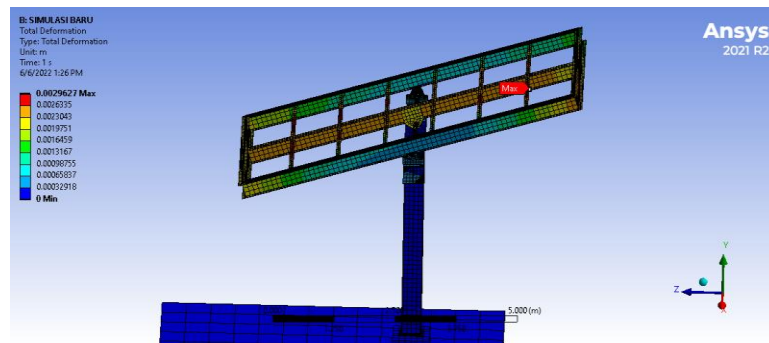
Gambar 4.23 *Input Gaya Gravitasi*

4.6.5. Hasil Simulasi gaya yang terjadi pada struktur

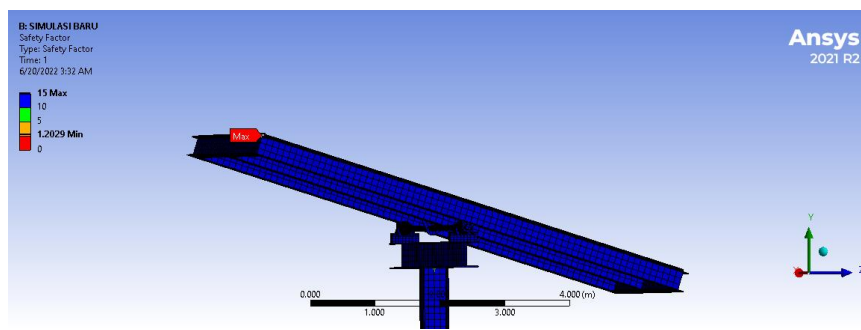
Setelah melakukan proses-proses diatas, dapat langsung melakukan simulasi. Pada analisa ini penulis melakukan analisis *Equivalent stress* dan deformasi total. Untuk mendapatkan hasil apakah struktur konstruksi tersebut dapat dibangun atau tidaknya. Pada gambar dibawah ini simulasi *Equivalent Stress* memiliki nilai 2.0783×10^8 Pa (nilai maksimal) pada bagian bearing UNP, sedangkan pada simulasi Deformasi total mendapatkan nilai 0.0029627 Pa (nilai maksimal) pada bagian baja siku. Untuk hasil simulasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.24 Hasil Simulasi *Equivalent Stress*



Gambar 4.25 Hasil Simulasi Deformasi Total



Gambar 4.26 Hasil Simulasi *Safety Factor*

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan simulasi yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Spesifikasi massa *frame* panel surya

- Baja WF : 916.8 Kg
- Baja Hollow : 42 Kg
- Baja Siku : 1,37 Kg
- Besi Penumpu *frame* : 23,6 Kg
- Besi Plat gear : 16,8 Kg
- Panjang Frame : 3732 mm

2. Spesifikasi massa penggerak *frame* panel surya

a. Spesifikasi Poros

- Bahan Poros : Baja paduan AISI 4620
- Diameter Poros : 80 mm
- Panjang Poros : 3732 mm
- Berat Poros : 21,38 Kg

b. Spesifikasi Bearing

- Massa bearing : 11 Kg
- Diameter bearing : 80 mm

c. Spesifikasi Motor

- Jenis motor : AC GearMotor
- Model : 5M60GN-C
- Daya motor : 60 W

3. Spesifikasi massa struktur rangka utama

- Baja WF 40x40 : 480 Kg
- Baja WF 40x20 : 264 Kg
- Plat besi : 1,19 Kg

4. Spesifikasi perencanaan stasiun pengisian kendaraan listrik terdiri dari *frame* panel surya, rangka utama, dan struktur pondasi. *Frame* panel surya berfungsi sebagai sarana panel surya. Rangka utama berfungsi sebagai

penopang *frame* panel surya, motor, dan bearing. Struktur pondasi berfungsi sebagai penopang struktur konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik.

5. Dari hasil analisis Aplikasi berbasis *Finite Element Method* menggunakan simulasi statis didapatkan bahwa struktur konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik memiliki nilai tegangan maksimum $2,078 \times 10^8$ Pa dan mengalami deformasi sebesar 0,0029627 mm.

5.2. Saran

Beberapa saran dapat dilakukan untuk penelitian lebih lanjut :

1. Disarankan memakai metode perhitungan yang berbeda agar dapat dibandingkan dengan perhitungan diatas dan dapat disimpulkan dengan baik.
2. Melakukan variasi bentuk pada geometri struktur konstruksi stasiun pengisian kendaraan listrik untuk menemukan pergerakan frame panel lebih signifikan.
3. Disarankan menggunakan sensor penangkap cahaya matahari agar frame panel surya dapat mengikuti arah cahaya matahari.
4. Faktor perawatan dapat dipertimbangkan agar bisa mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
5. Disarankan menggunakan *Bearing* ukuran yang berbeda agar mengurangi massa beban.

DAFTAR PUSTAKA

Mangatur, David Apriando dan Chairul Hudaya. 2016. “Desain Stasiun Pengisian Listrik Umum Menggunakan Sumber Tenaga Matahari”. Fakultas Teknik, Teknik Elektro, Universitas Indonesia, Depok.

Daud, Mhd Pinem. 2010. **Analisa Struktur Dengan Metode Elemen Hingga**. Bandung: Rekayasa Sains.

Sularso. 2000. **Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin**. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Gunawan, Rudy. 1988. **Tabel Konstruksi Baja**. Yogyakarta: kanisius

Budynas dan Nisbett, 2006. *Shigley’s Mechanical Engineering Design*, edisi 8.

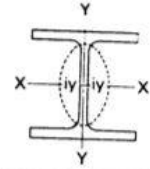
Robert L. Mott, 2018. *Machine Elements and Mechanical Design*, 6th Edition.

J.M. Gere & S.P. Timoshenko. 1984. **Mekanika Bahan**, Edisi Keempat. Wadsworth, Inc.

F. Cobb. 2004. **Structural Engineer’s Pocket Book**, Agency, Ltd.

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Tabel Profil Konstruksi Baja WF

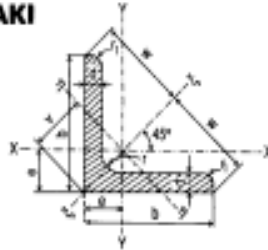


Section Index	Weight	Depth of Section (A)	Flange Width (B)	Thickness		Corner Radius (r)	Sectional Area	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t _w)	Flange (t _f)			J _x	J _y	i _x	i _y	Z _x	Z _y
mm	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm	cm ³	cm ³
400 × 400	200	406	403	16	24	22	254.9	78,000	26,200	17.5	10.1	3,840	1,300
	197	400	408	21	21	22	250.7	70,900	23,800	16.8	9.75	3,540	1,170
	172	400	400	13	21	22	218.7	66,600	22,400	17.5	10.1	3,330	1,120
	168	394	405	18	18	22	214.4	59,700	20,000	16.7	9.65	3,030	985
	147	394	398	11	18	22	186.8	56,100	18,900	17.3	10.1	2,850	951
	140	388	402	15	15	22	178.5	49,000	16,300	16.6	9.54	2,520	809
400 × 300	107	390	300	10	16	22	136.0	38,700	7,210	16.9	7.28	1,980	481
	94.3	386	299	9	14	22	120.1	33,700	6,240	16.7	7.21	1,740	418
400 × 200	66.0	400	200	8	13	16	84.12	23,700	1,740	16.8	4.54	1,190	174
	56.6	396	199	7	11	16	72.16	20,000	1,450	16.7	4.48	1,010	145
350 × 350	159	356	352	14	22	20	202.0	47,600	16,000	15.3	8.90	2,670	909
	156	350	357	19	19	20	198.4	42,800	14,400	14.7	8.53	2,450	809
	136	350	350	12	19	20	173.9	40,300	13,600	15.2	8.84	2,300	776
	131	344	354	16	16	20	166.6	35,300	11,800	14.6	8.43	2,050	669
	115	344	348	10	16	20	146.0	33,300	11,200	15.1	8.78	1,940	646
	106	338	351	13	13	20	135.3	28,200	9,380	14.4	8.33	1,670	534
350 × 250	79.7	340	250	9	14	20	101.5	21,700	3,650	14.6	6.00	1,280	292
	69.2	336	249	8	12	20	88.15	18,500	3,090	14.5	5.92	1,100	248
350 × 175	49.6	350	175	7	11	14	63.14	13,600	984	14.7	3.95	775	112
	41.4	346	174	6	9	14	52.68	11,100	792	14.5	3.88	641	91.0
300 × 300	106	304	301	11	17	18	134.8	23,400	7,730	13.2	7.57	1,540	514
	106	300	305	15	15	18	134.8	21,500	7,100	12.6	7.26	1,440	466
	94.0	300	300	10	15	18	119.8	20,400	6,750	13.1	7.51	1,360	450
	87.0	298	299	9	14	18	110.8	18,800	6,240	13.0	7.51	1,270	417
	84.5	294	302	12	12	18	107.7	16,900	5,520	12.5	7.16	1,150	365
300 × 200	65.4	298	201	9	14	18	83.36	13,300	1,900	12.6	4.77	893	189
	56.8	294	200	8	12	18	72.38	11,300	1,600	12.5	4.71	771	160
300 × 150	36.7	300	150	6.5	9	13	46.78	7,210	508	12.4	3.29	481	67.7
	32.0	298	149	5.5	8	13	40.80	6,320	442	12.4	3.29	424	59.3

Lampiran 2 : Tabel Profil Konstruksi Baja Siku Samakaki

BAJA SIKU-SIKU SAMAKAKI

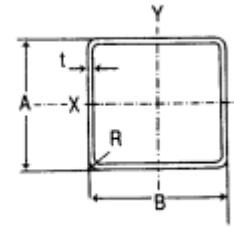
panjang biasa 3 + 15 m



- F = penampang
- I = momen kelambatan
- W = momen tahanan
- i = jari-jari kelambatan = $\sqrt{\frac{I}{F}}$
- k = kofisien profil = $\frac{F^2}{I} = \frac{F}{i^2}$

L	ukuran-ukuran dalam mm				F cm ²	berat kg/m	jarak titik berat-titik berat dalam cm			$i_x = i_y$ cm ⁴	$W_x = W_y$ cm ³	$i_x = i_y$ cm	$k_x = k_y$
	b	d	r	r _y			e	w	v				
15-15-3 15-15-4	15	3 4	3,5	2	0,82 1,05	0,64 0,82	0,48 0,51	1,06	0,67 0,73	0,15 0,19	0,15 0,19	0,43 0,42	4,48 5,81
20-20-3 20-20-4	20	3 4	3,5	2	1,12 1,45	0,88 1,14	0,60 0,64	1,41	0,85 0,90	0,39 0,48	0,28 0,35	0,59 0,58	3,23 4,38
25-25-3 25-25-4 25-25-5	25	3 4 5	3,5	2	1,42 1,85 2,26	1,12 1,45 1,77	0,73 0,76 0,80	1,77	1,03 1,08 1,13	0,79 1,01 1,18	0,45 0,58 0,69	0,75 0,74 0,72	2,56 3,38 4,32
30-30-3 30-30-4 30-30-5	30	3 4 5	5	2,5	1,74 2,27 2,78	1,36 1,78 2,18	0,84 0,89 0,92	2,12	1,18 1,24 1,30	1,41 1,81 2,16	0,65 0,86 1,04	0,90 0,89 0,88	2,14 2,85 3,56
35-35-4 35-35-6	35	4 6	6	2,5	2,67 3,67	2,10 3,04	1,00 1,08	2,47	1,41 1,53	2,96 4,14	1,18 1,71	1,05 1,04	2,41 3,51
40-40-4 40-40-5 40-40-6	40	4 5 6	6	3	3,08 3,79 4,48	2,42 2,87 3,52	1,12 1,16 1,20	2,83	1,58 1,64 1,70	4,48 5,43 6,33	1,56 1,91 2,26	1,21 1,20 1,19	2,12 2,64 3,18
45-45-5 45-45-7	45	5 7	7	3,5	4,30 5,86	3,38 4,60	1,28 1,36	3,18	1,81 1,92	7,83 10,4	2,43 3,31	1,35 1,33	2,36 3,29
50-50-5 50-50-6 50-50-7 50-50-9	50	5 6 7 9	7	3,5	4,80 5,69 6,56 8,24	3,77 4,47 5,15 6,74	1,40 1,45 1,49 1,56	3,54	1,98 2,04 2,11 2,21	11,0 12,8 14,6 17,9	3,05 3,61 4,15 5,20	1,51 1,50 1,49 1,47	2,10 2,54 2,94 3,80
55-55-6 55-55-8 55-55-10	55	6 8 10	8	4	6,31 8,23 10,1	4,95 6,46 7,90	1,56 1,64 1,72	3,89	2,21 2,32 2,43	17,3 22,1 26,3	4,40 5,72 6,97	1,66 1,64 1,62	2,30 3,08 3,88
60-60-6 60-60-8 60-60-10	60	6 8 10	8	4	6,91 9,03 11,1	5,42 7,09 8,69	1,69 1,77 1,85	4,24	2,39 2,50 2,62	22,8 29,1 34,9	5,29 6,88 8,41	1,82 1,80 1,78	2,09 2,82 3,56
65-65-7 65-65-9 65-65-11	65	7 9 11	9	4,5	8,70 11,0 13,2	6,83 8,62 10,3	1,85 1,93 2,00	4,60	2,62 2,73 2,83	33,4 41,3 48,8	7,18 9,04 10,8	1,96 1,94 1,91	2,27 2,93 3,56
70-70-7 70-70-9 70-70-11	70	7 9 11	9	4,5	9,40 11,9 14,3	7,38 9,34 11,2	1,97 2,05 2,13	4,95	2,79 2,90 3,01	42,4 52,6 61,8	8,43 10,6 12,7	2,12 2,10 2,08	2,09 2,71 3,32
75-75-7 75-75-8 75-75-10 75-75-12	75	7 8 10 12	10	5	10,1 11,5 14,1 16,7	7,94 9,03 11,1 13,1	2,09 2,13 2,21 2,29	5,30	2,95 3,01 3,12 3,24	52,4 58,9 71,4 82,4	9,67 11,0 13,5 15,8	2,28 2,26 2,25 2,22	1,95 2,24 2,78 3,41

Lampiran 3 : Tabel Profil Konstruksi Baja Hollow



SIZE	SIZE						SECTION AREA		WEIGHT		
	A		B		t		cm ²	in ²	kg/m	kg/ft	lb/ft
	mm	in	mm	in	mm	in					
125×125×6.0	125	4.921	125	4.921	6.0	0.236	27.63	4.281	21.70	6.610	14.58
125×125×4.5	125	4.921	125	4.921	4.5	0.177	21.17	3.281	16.60	5.056	11.16
125×125×3.2	125	4.921	125	4.921	3.2	0.126	15.33	2.376	12.00	3.655	8.064
100×100×4.5	100	3.937	100	3.937	4.5	0.177	16.67	2.584	13.10	3.990	8.803
100×100×3.2	100	3.937	100	3.937	3.2	0.162	12.13	1.880	9.520	2.900	6.397
100×100×2.3	100	3.937	100	3.937	2.3	0.091	8.852	1.372	6.950	2.117	4.670
75×75×3.2	75	2.953	75	2.953	3.2	0.162	8.927	1.384	7.010	2.135	4.711
75×75×2.3	75	2.953	75	2.953	2.3	0.091	6.552	1.016	5.140	1.566	3.454
60×60×2.3	60	2.362	60	2.36	2.3	0.091	5.172	0.802	4.060	1.237	2.728
60×60×1.6	60	2.362	60	2.36	1.6	0.063	3.672	0.569	2.880	0.877	1.935
50×50×2.3	50	1.969	50	1.96	2.3	0.091	4.252	0.659	3.340	1.017	2.244
50×50×1.6	50	1.969	50	1.96	1.6	0.063	3.032	0.470	2.380	0.725	1.599
150×100×6.0	150	5.906	100	3.937	6.0	0.236	27.63	4.283	21.70	6.610	14.58
150×100×4.5	150	5.906	100	3.937	4.5	0.177	21.17	3.281	16.60	5.056	11.16
125×75×3.2	125	4.921	75	2.953	3.2	0.162	12.13	1.880	9.520	2.900	6.397
125×75×2.3	125	4.921	75	2.953	2.3	0.091	8.852	1.372	6.950	2.117	4.676
100×50×3.2	100	3.937	50	1.969	3.2	0.162	8.927	1.384	7.010	2.131	4.711
100×50×2.3	100	3.937	50	1.969	2.3	0.091	6.552	1.016	5.140	1.565	3.454
75×45×2.3	75	2.953	45	1.772	2.3	0.091	5.172	0.802	4.060	1.232	2.728
60×30×2.3	60	2.362	30	1.181	2.3	0.091	3.972	0.616	2.980	0.909	2.002
60×30×1.6	60	2.362	30	1.181	1.6	0.061	2.712	0.420	2.130	0.646	1.411

Lampiran 4 : Tabel Konversi Satuan Lanjutan

TABLE. 1 Conversion Factors	
Area	
1 mm ² = 1.0 × 10 ⁻⁶ m ²	1 ft ² = 144 in. ²
1 cm ² = 1.0 × 10 ⁻⁴ m ² = 0.1550 in. ²	1 in. ² = 6.4516 cm ² = 6.4516 × 10 ⁻⁴ m ²
1 m ² = 10.7639 ft ²	1 ft ² = 0.092 903 m ²
Conductivity	
1 W/m-K = 1 J/s-m-K = 0.577 789 Btu/h-ft-R	1 Btu/h-ft-R = 1.730 735 W/m-K
Density	
1 kg/m ³ = 0.06242797 lbm/ft ³	1 lbm/ft ³ = 16.018 46 kg/m ³
1 g/cm ³ = 1000 kg/m ³	
1 g/cm ³ = 1 kg/L	
Energy	
1 J = 1 N-m = 1 kg-m ² /s ²	
1 J = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 J
1 cal (Int.) = 4.1868 J	= 1.28507 × 10 ⁻³ Btu
	1 Btu (Int.) = 1.055 056 kJ
1 erg = 1.0 × 10 ⁻⁷ J	= 778.1693 lbf-ft
1 eV = 1.602 177 33 × 10 ⁻¹⁹ J	
Force	
1 N = 0.224809 lbf	1 lbf = 4.448 222 N
1 kp = 9.80665 N (1 kgf)	
Gravitation	
g = 9.80665 m/s ²	g = 32.17405 ft/s ²
Heat capacity, specific entropy	
1 kJ/kg-K = 0.238 846 Btu/lbm-R	1 Btu/lbm-R = 4.1868 kJ/kg-K
Heat flux (per unit area)	
1 W/m ² = 0.316 998 Btu/h-ft ²	1 Btu/h-ft ² = 3.15459 W/m ²
Heat transfer coefficient	
1 W/m ² -K = 0.176 11 Btu/h-ft ² -R	1 Btu/h-ft ² -R = 5.67826 W/m ² -K
Length	
1 mm = 0.001 m = 0.1 cm	1 ft = 12 in.
1 cm = 0.01 m = 10 mm = 0.3970 in.	1 in. = 2.54 cm = 0.0254 m
1 m = 3.28084 ft = 39.370 in.	1 ft = 0.3048 m
1 km = 0.621 371 mi	1 mi = 1.609344 km
1 mi = 1609.3 m (US statute)	1 yd = 0.9144 m

Lampiran 5 : Tabel Konversi Satuan Lanjutan

TABLE (Continued) Conversion Factors	
Specific kinetic energy (V^2)	
$1 \text{ m}^2/\text{s}^2 = 0.001 \text{ kJ/kg}$	$1 \text{ ft}^2/\text{s}^2 = 3.9941 \times 10^{-5} \text{ Btu/lbm}$
$1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ m}^2/\text{s}^2$	$1 \text{ Btu/lbm} = 25037 \text{ ft}^2/\text{s}^2$
Specific potential energy (Zg)	
$1 \text{ m-g}_{\text{ave}} = 9.80665 \times 10^{-3} \text{ kJ/kg}$	$1 \text{ ft-g}_{\text{ave}} = 1.0 \text{ lbf-ft/lbm}$
$= 4.21607 \times 10^{-3} \text{ Btu/lbm}$	$= 0.001285 \text{ Btu/lbm}$
	$= 0.002989 \text{ kJ/kg}$
Specific volume	
$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 0.001 \text{ m}^3/\text{kg}$	
$1 \text{ cm}^3/\text{g} = 1 \text{ L/kg}$	
$1 \text{ m}^3/\text{kg} = 16.01846 \text{ ft}^3/\text{lbm}$	$1 \text{ ft}^3/\text{lbm} = 0.062428 \text{ m}^3/\text{kg}$
Temperature	
$1 \text{ K} = 1^\circ\text{C} = 1.8 \text{ R} = 1.8 \text{ F}$	$1 \text{ R} = (5/9) \text{ K}$
$\text{TC} = \text{TK} - 273.15$	$\text{TF} = \text{TR} - 459.67$
$= (\text{TF} - 32)/1.8$	$= 1.8 \text{ TC} + 32$
$\text{TK} = \text{TR}/1.8$	$\text{TR} = 1.8 \text{ TK}$
Universal Gas Constant	
$R = N_0 k = 8.31451 \text{ kJ/kmol}\cdot\text{K}$	$R = 1.98589 \text{ Btu/lbmol}\cdot\text{R}$
$= 1.98589 \text{ kcal/kmol}\cdot\text{K}$	$= 1545.36 \text{ lbf}\cdot\text{ft/lbmol}\cdot\text{R}$
$= 82.0578 \text{ atm}\cdot\text{L/kmol}\cdot\text{K}$	$= 0.73024 \text{ atm}\cdot\text{ft}^3/\text{lbmol}\cdot\text{R}$
	$= 10.7317 (\text{lb}/\text{in.}^2)\cdot\text{ft}^3/\text{lbmol}\cdot\text{R}$
Velocity	
$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$	$1 \text{ ft/s} = 0.681818 \text{ mi/h}$
$= 3.28084 \text{ ft/s}$	$= 0.3048 \text{ m/s}$
$= 2.23694 \text{ mi/h}$	$= 1.09728 \text{ km/h}$
$1 \text{ km/h} = 0.27778 \text{ m/s}$	$1 \text{ mi/h} = 1.46667 \text{ ft/s}$
$= 0.91134 \text{ ft/s}$	$= 0.44704 \text{ m/s}$
$= 0.62137 \text{ mi/h}$	$= 1.609344 \text{ km/h}$
Volume	
$1 \text{ m}^3 = 35.3147 \text{ ft}^3$	$1 \text{ ft}^3 = 2.831685 \times 10^{-2} \text{ m}^3$
$1 \text{ L} = 1 \text{ dm}^3 = 0.001 \text{ m}^3$	$1 \text{ in.}^3 = 1.6387 \times 10^{-5} \text{ m}^3$
$1 \text{ Gal (US)} = 3.785412 \text{ L}$	$1 \text{ Gal (UK)} = 4.546090 \text{ L}$
$= 3.785412 \times 10^{-3} \text{ m}^3$	$1 \text{ Gal (US)} = 231.00 \text{ in.}^3$

Lampiran 6 : Tabel Konversi Satuan Lanjutan

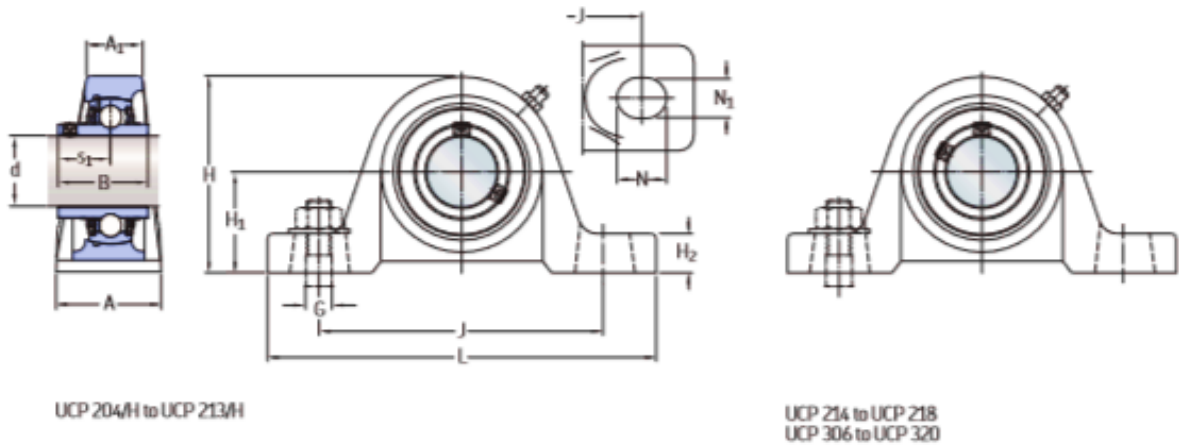
TABLE (Continued) Conversion Factors	
Mass	
1 kg = 2.204 623 lbm	1 lbm = 0.453 592 kg
1 tonne = 1000 kg	1 slug = 14.5939 kg
1 grain = 6.47989×10^{-5} kg	1 ton = 2000 lbm
Moment (torque)	
1 N-m = 0.737 562 lbf-ft	1 lbf-ft = 1.355 818 N-m
Momentum (mV)	
1 kg-m/s = 7.232 94 lbm-ft/s = 0.224809 lbf-s	1 lbm-ft/s = 0.138 256 kg-m/s
Power	
1 W = 1 J/s = 1 N-m/s	1 lbf-ft/s = 1.355 818 W
	= 0.737 562 lbf-ft/s
1 kW = 3412.14 Btu/h	1 Btu/s = 1.055 056 kW
1 hp (metric) = 0.735 499 kW	1 hp (UK) = 0.7457 kW
	= 550 lbf-ft/s
	= 2544.43 Btu/h
1 ton of refrigeration = 3.516 85 kW	1 ton of refrigeration = 12 000 Btu/h
Pressure	
1 Pa = 1 N/m ² = 1 kg/m-s ²	1 lbf/in. ² = 6.894 757 kPa
1 bar = 1.0×10^5 Pa = 100 kPa	1 atm = 14.695 94 lbf/in. ²
1 atm = 101.325 kPa	= 29.921 in. Hg [32 F]
	= 33.899 5 ft H ₂ O [4°C]
	1 bar = 0.986 923 bar
1 torr = 1 mm Hg [0°C]	1 in. Hg [0°C] = 0.49115 lbf/in. ²
1 mm Hg [0°C] = 0.133 322 kPa	1 in. H ₂ O [4°C] = 0.036126 lbf/in. ²
1 m H ₂ O [4°C] = 9.806 38 kPa	
Specific energy	
1 kJ/kg = 0.42992 Btu/lbm	1 Btu/lbm = 2.326 kJ/kg
= 334.55 lbf-ft/lbm	1 lbf-ft/lbm = 2.98907×10^{-3} kJ/kg
	= 1.28507×10^{-3} Btu/lbm

Lampiran 7 : Data Performa Motor

电机特性表-List of Motor Characteristics																											
电机型号 Model of Motor		出力 Output	电压 Voltage	频率 Frequency	极数 Poles	额定时间 Duty	额定Rated				启动转矩 Starting Torque		电容容量/耐压 Capacitor/Ve														
光电机 Motor	带齿轴电机 Motor with gear shaft	W	V	Hz	P		转速Speed	电流Current	力矩Torque																		
							r/min	A	N.m	kgf.cm	N.m	kgf.cm	μF/VAC														
F5IK60G-A	F5IK60GN-A	60	1ph110	50	4	连续CONT	1350	0.98	0.44	4.40	0.38	3.75	15.0/250														
F5IK60G-C	F5IK60GN-C	60	1ph220	50	4	连续CONT	1350	0.52	0.44	4.40	0.40	4.00	4.0/450														
F5IK60G-D		60	1ph220	50	2	连续CONT	2700	0.56	0.21	2.21	0.25	2.50	4.0/450														
齿轮箱型式-Model of Gearbox: 5GN□K																											
频率Frequency	减速比Reduction Ratio		3	3.6	5	6	7.5	9	10	12.5	15	18	20	25	30	36	40	50	60	75	90	100	120	150	180	200	
50Hz	输出轴转速 Output Shaft Speed	r/min	500	417	300	250	200	166	150	120	100	83	75	60	50	41	37	30	25	20	16	15	12	10	8	7.5	
	允许力矩 Allowable Torque	N.m	1.03	1.24	1.72	2.60	2.58	3.10	3.88	4.65	5.38	5.60	7.01	8.41	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80
		kgf.cm	10.5	12.7	17.6	21.0	26.3	31.6	31.6	39.6	47.4	54.9	57.1	71.6	85.8	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
60Hz	输出轴转速 Output Shaft Speed	r/min	600	500	360	300	240	200	180	144	120	100	90	72	60	50	45	36	30	24	20	18	15	12	10	9	
	允许力矩 Allowable Torque	N.m	0.90	1.08	1.50	1.80	2.23	2.70	2.70	3.38	4.05	4.88	4.88	6.10	7.33	8.97	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80	9.80
		kgf.cm	9.18	11.0	15.3	18.4	23.0	27.6	34.5	41.3	49.5	49.5	62.2	74.7	90.0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Lampiran 8 : Tabel data *pillow block bearing*

Pillow block ball bearing units, grub screw locking, metric shafts
d 20 – 100 mm

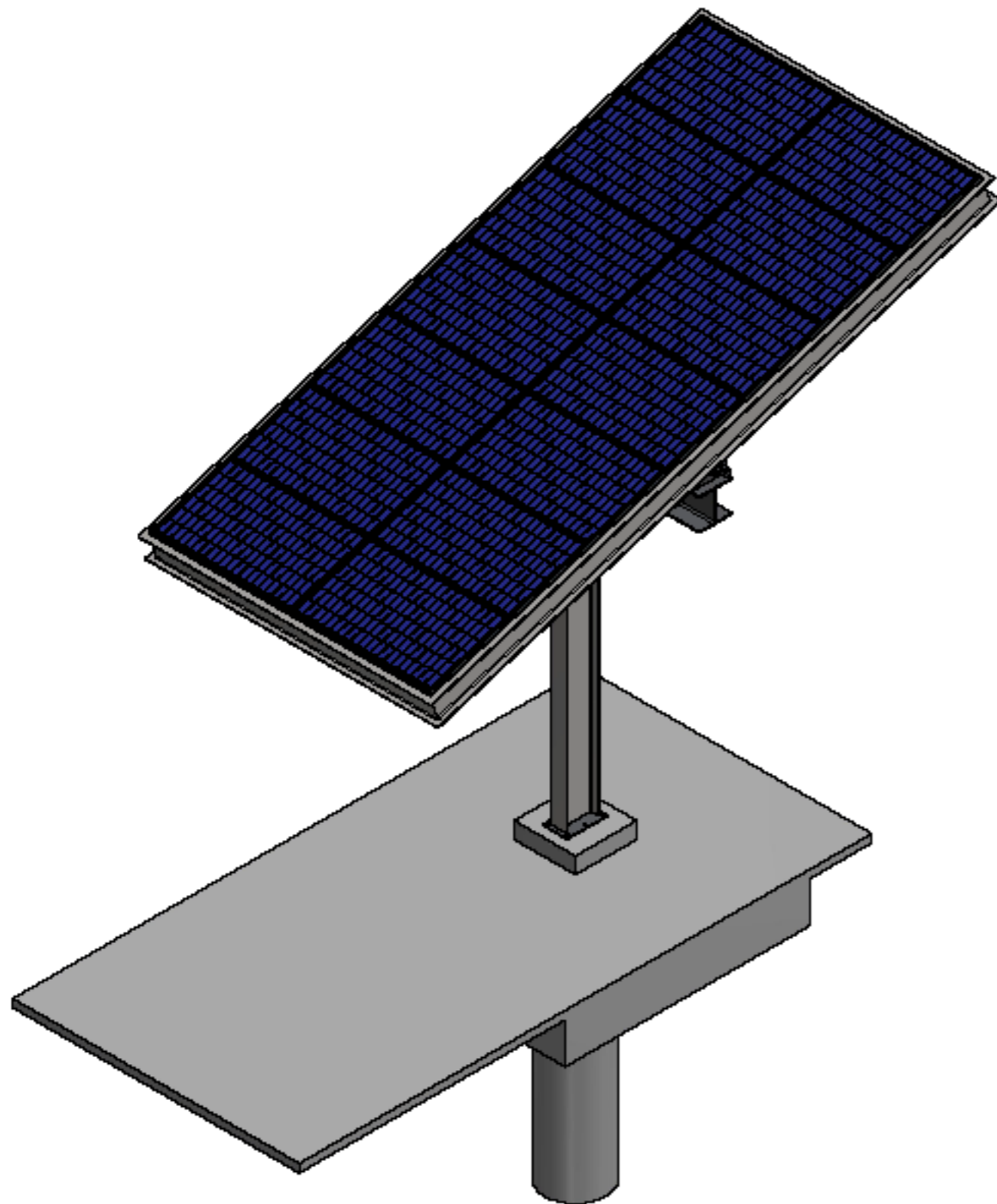


Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Limiting speed with shaft tolerance h6	Mass	Designations
d	H ₁	J	C	C ₀	P _u			
mm			kN			r/min	kg	–
20	33,3	95	12,7	6,55	0,28	6 500	0,6	UCP 204/H
25	36,5	105	14	7,8	0,335	5 850	0,76	UCP 205/H
30	42,9	121	19,5	11,2	0,475	5 000	1,2	UCP 206/H
	50	140	26,5	15	0,64	5 300	2,15	UCP 306
35	47,6	127	25,5	15,3	0,655	4 300	1,5	UCP 207/H
	56	160,5	33,2	19,3	0,815	4 700	3	UCP 307
40	49,2	137	30,7	19	0,8	3 750	2	UCP 208/H
	60	170,5	41	24	1,02	4 200	3,6	UCP 308
45	54	146	33,2	21,6	0,915	3 400	2,2	UCP 209/H
	67	190	52,7	32	1,34	3 750	5,05	UCP 309
50	57,2	159	35,1	23,2	0,98	3 300	2,7	UCP 210/H
	75	212,5	61,8	38	1,6	3 400	6,5	UCP 310
55	63,5	171	43,6	29	1,25	3 000	3,55	UCP 211/H
	80	236,5	71,5	45	1,9	3 100	7,8	UCP 311
60	69,8	184	52,7	36	1,53	2 700	4,55	UCP 212/H
	85	250,5	81,9	52	2,2	2 900	9,75	UCP 312
65	76,2	203	57,2	40	1,7	2 350	6,25	UCP 213/H
70	79,4	210	62,4	45	1,86	2 250	6,8	UCP 214
75	82,6	217	66,3	49	2,04	2 100	7,3	UCP 215
	100	290,5	114	76,5	3	2 300	15,5	UCP 315
80	88,9	232	71,5	54	2,2	1 900	9,45	UCP 216
	106	300,5	124	86,5	3,25	2 150	18,2	UCP 316
85	95,2	247	83,2	64,0	2,5	1 800	12,9	UCP 217
90	101,6	262	95,6	72	2,7	1 600	14,1	UCP 218
100	140	380,5	174	140	4,75	1 700	36,7	UCP 320

Lampiran 9 : Dimensions for Single-row, Deep-groove Ball Bearings and SKF Single-row Thrust Ball Bearing

Bearing number	Nominal bearing dimensions						Basic load ratings				Maximum fillet radius r_{max}^1		Minimum shaft shoulder diameter, S		Maximum housing shoulder diameter, H		Bearing mass	
	Bore, d		Outside dia., D		Width, B		Static, C_0		Dynamic, C		mm	in	mm	in	mm	in	kg	lb _m
	mm	in	mm	in	mm	in	kN	lb _f	kN	lb _f								
6000	10	0.3937	26	1.0236	8	0.3150	1.96	441	4.62	1039	0.3	0.012	12	0.472	24	0.945	0.019	0.042
6200	10	0.3937	30	1.1811	9	0.3543	2.36	531	5.07	1140	0.6	0.024	14	0.551	26	1.024	0.032	0.071
6300	10	0.3937	35	1.3780	11	0.4331	8.06	1812	3.40	764	0.6	0.024	14	0.551	31	1.220	0.053	0.117
6001	12	0.4724	28	1.1024	8	0.3150	2.36	531	5.07	1140	0.3	0.012	14	0.551	26	1.024	0.022	0.049
6201	12	0.4724	32	1.2598	10	0.3937	3.10	697	6.89	1549	0.6	0.024	16	0.630	28	1.102	0.037	0.082
6301	12	0.4724	37	1.4567	12	0.4724	4.15	933	9.75	2192	1.0	0.039	17	0.669	32	1.260	0.060	0.132
6002	15	0.5906	32	1.2598	9	0.3543	2.85	641	5.59	1257	0.3	0.012	17	0.669	30	1.181	0.030	0.066
6202	15	0.5906	35	1.3780	11	0.4331	3.75	843	7.80	1754	0.6	0.024	19	0.748	31	1.220	0.045	0.099
6302	15	0.5906	42	1.6535	13	0.5118	5.40	1214	11.40	2563	1.0	0.039	20	0.787	37	1.457	0.082	0.181
6003	17	0.6693	35	1.3780	10	0.3937	3.25	731	6.45	1360	0.3	0.012	19	0.748	33	1.299	0.039	0.086
6203	17	0.6693	40	1.5748	12	0.4724	4.75	1068	9.56	2149	0.6	0.024	21	0.827	36	1.417	0.065	0.143
6303	17	0.6693	47	1.8504	14	0.5512	6.55	1473	13.50	3035	1.0	0.039	22	0.866	42	1.654	0.120	0.265
6004	20	0.7874	42	1.6535	12	0.4724	5.00	1124	9.36	2104	0.6	0.024	24	0.945	38	1.496	0.069	0.152
6204	20	0.7874	47	1.8504	14	0.5512	6.55	1473	12.70	2855	1.0	0.039	25	0.984	42	1.654	0.110	0.243
6304	20	0.7874	52	2.0472	15	0.5906	7.80	1754	15.90	3575	1.0	0.039	27	1.063	45	1.772	0.140	0.309
6005	25	0.9843	47	1.8504	12	0.4724	6.55	1473	11.20	2518	0.6	0.024	29	1.142	43	1.693	0.080	0.176
6205	25	0.9843	52	2.0472	15	0.5906	7.80	1754	14.00	3147	1.0	0.039	30	1.181	47	1.850	0.130	0.287
6305	25	0.9843	62	2.4409	17	0.6693	11.60	2608	22.50	5058	1.0	0.039	32	1.260	55	2.165	0.230	0.507
6006	30	1.1811	55	2.1654	13	0.5118	8.30	1866	13.30	2990	1.0	0.039	35	1.378	50	1.969	0.160	0.353
6206	30	1.1811	62	2.4409	16	0.6299	11.2	2518	19.5	4384	1.0	0.039	35	1.378	57	2.244	0.200	0.441
6306	30	1.1811	72	2.8346	19	0.7480	16.0	3597	28.1	6317	1.0	0.039	37	1.457	65	2.559	0.350	0.772
6007	35	1.3780	62	2.4409	14	0.5512	10.2	2293	15.9	3575	1.0	0.039	40	1.575	57	2.244	0.160	0.353
6207	35	1.3780	72	2.8346	17	0.6693	15.3	3440	25.5	5733	1.0	0.039	42	1.654	65	2.559	0.290	0.639
6307	35	1.3780	80	3.1496	21	0.8268	19.0	4272	33.2	7464	1.5	0.059	43	1.693	72	2.835	0.460	1.014
6008	40	1.5748	68	2.6772	15	0.5906	11.6	2608	16.8	3777	1.0	0.039	45	1.772	63	2.480	0.190	0.419
6208	40	1.5748	80	3.1496	18	0.7087	19.0	4272	30.7	6902	1.0	0.039	47	1.850	73	2.874	0.370	0.815
6308	40	1.5748	90	3.5433	23	0.9055	24.0	5396	41.0	9218	1.5	0.059	48	1.890	82	3.228	0.630	1.389

Bearing number	Nominal bearing dimensions						Basic load ratings				Maximum fillet radius r_{max}^1		Minimum shaft shoulder diameter, S		Maximum housing shoulder diameter, H		Bearing mass	
	Bore, d		Outside dia., D		Width, B		Static, C_0		Dynamic, C		mm	in	mm	in	mm	in	kg	lb _m
	mm	in	mm	in	mm	in	kN	lb _f	kN	lb _f								
6009	45	1.7717	75	2.9528	16	0.6299	14.6	3282	20.8	4676	1.0	0.039	50	1.969	70	2.756	0.250	0.551
6209	45	1.7717	85	3.3465	19	0.7480	21.6	4856	33.2	7464	1.0	0.039	52	2.047	78	3.071	0.410	0.904
6309	45	1.7717	100	3.9370	25	0.9843	31.5	7082	52.7	11 848	1.5	0.059	53	2.087	92	3.622	0.830	1.830
6010	50	1.9685	80	3.1496	16	0.6299	16.0	3597	21.6	4856	1.0	0.039	55	2.165	75	2.953	0.260	0.573
6210	50	1.9685	90	3.5433	20	0.7874	23.2	5216	35.1	7891	1.0	0.039	57	2.244	83	3.268	0.460	1.014
6310	50	1.9685	110	4.3307	27	1.0630	38.0	8543	61.8	13 894	2.0	0.079	59	2.323	101	3.976	1.050	2.315
6011	55	2.1654	90	3.5433	18	0.7087	21.2	4766	28.1	6317	1.0	0.039	62	2.441	83	3.268	0.390	0.860
6211	55	2.1654	100	3.9370	21	0.8268	29.0	6520	43.6	9802	1.5	0.059	63	2.480	92	3.622	0.610	1.345
6311	55	2.1654	120	4.7244	29	1.1417	45.0	10 117	71.5	16 075	2.0	0.079	64	2.520	111	4.370	1.350	2.977
6012	60	2.3622	95	3.7402	18	0.7087	23.2	5216	29.6	6655	1.0	0.039	67	2.638	88	3.465	0.420	0.926
6212	60	2.3622	110	4.3307	22	0.8661	32.5	7307	47.5	10 679	1.5	0.059	68	2.677	102	4.016	0.780	1.720
6312	60	2.3622	130	5.1181	31	1.2206	52.0	11 691	81.9	18 413	2.0	0.079	71	2.795	119	4.685	1.700	3.749
6013	65	2.5591	100	3.9370	18	0.7087	25.0	5621	30.7	6902	1.0	0.039	72	2.835	93	3.661	0.440	0.970
6213	65	2.5591	120	4.7244	23	0.9055	40.5	9105	55.9	12 567	1.5	0.059	73	2.874	112	4.409	0.990	2.183
6313	65	2.5591	140	5.5118	33	1.2992	60.0	13 489	92.3	20 751	2.0	0.079	76	2.992	129	5.079	2.100	4.631
6014	70	2.7559	110	4.3307	20	0.7874	31.0	6969	37.7	8476	1.0	0.039	77	3.031	103	4.055	0.600	1.323
6214	70	2.7559	125	4.9213	24	0.9449	45.0	10 117	60.5	13 602	1.5	0.059	78	3.071	117	4.606	1.050	2.315
6314	70	2.7559	150	5.9055	35	1.3780	68.0	15 288	104.0	23 381	2.0	0.079	81	3.189	139	5.472	2.500	5.513
6015	75	2.9528	115	4.5276	20	0.7874	33.5	7531	39.7	8925	1.0	0.039	82	3.228	108	4.252	0.640	1.411
6215	75	2.9528	130	5.1181	25	0.9843	49.0	11 016	66.3	14 906	1.5	0.059	83	3.268	122	4.803	1.200	2.646
6315	75	2.9528	160	6.2992	37	1.4567	76.5	17 199	114.0	25 629	2.0	0.079	86	3.386	149	5.866	3.000	6.615
6016	80	3.1496	125	4.9213	22	0.8661	40.0	8993	47.5	10 679	1.0	0.039	87	3.425	118	4.646	0.850	1.874
6216	80	3.1496	140	5.5118	26	1.0236	55.0	12 365	70.2	15 782	2.0	0.079	89	3.504	131	5.157	1.400	3.087
6316	80	3.1496	170	6.6929	39	1.5354	86.5	19 447	124.0	27 878	2.0	0.079	91	3.583	159	6.260	3.600	7.938

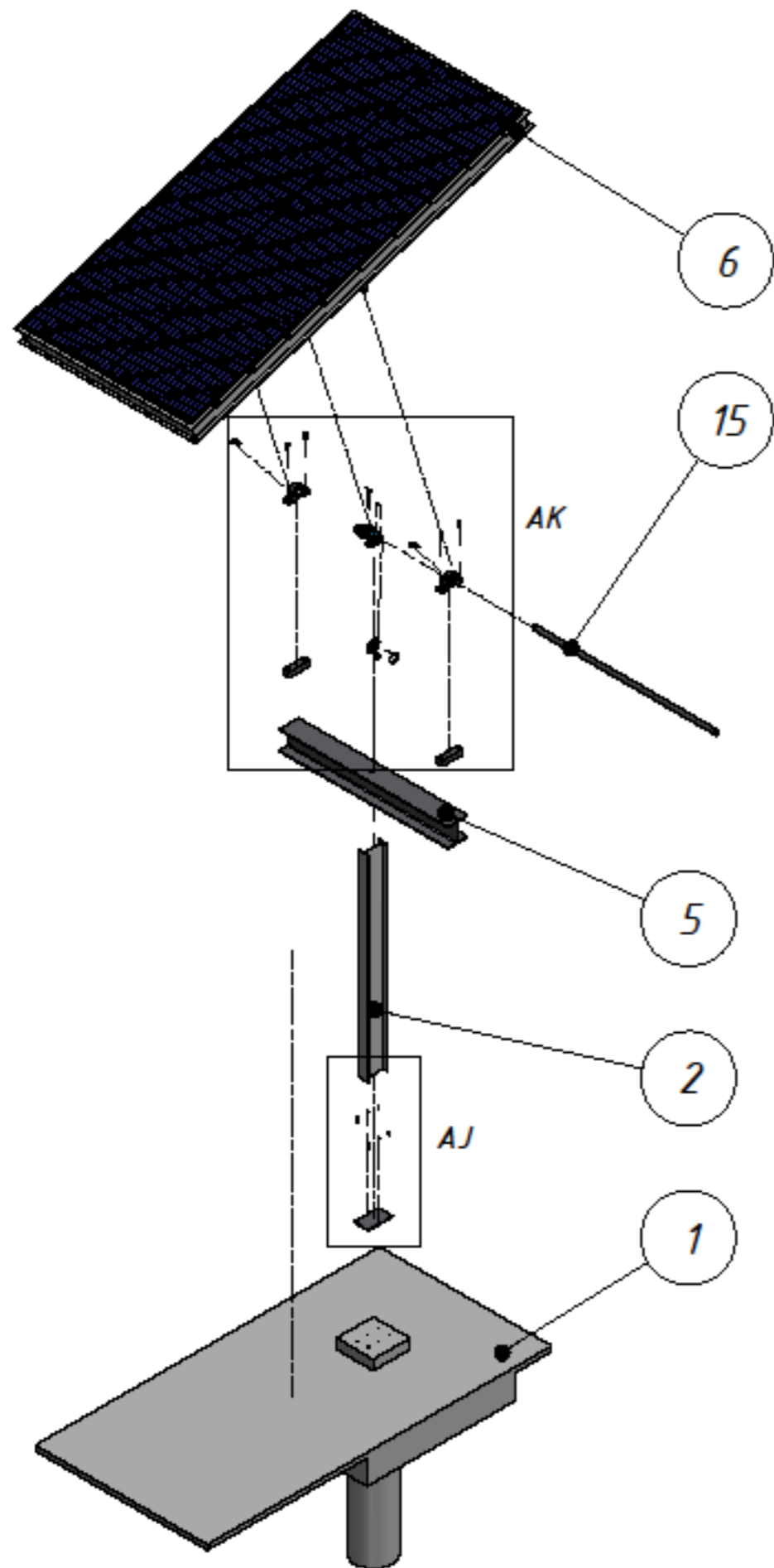


15	1	Assembly AS x		
14	8	ANSI B18.3.1M - M10x1.5 x 30(2)	Steel, Mild	
13	1	Spur Gear Motor	Iron, Cast	
12	1	Spur Gear AS Big	Iron, Cast	
11	4	ANSI B18.3.1M - M36x4 x 70(1)	Steel, Mild	
10	2	Penumpu Bearing	Generic	
9	4	ANSI B18.3.1M - M10x1.5 x 35(2)	Steel, Mild	
8	1	VLHF10T08		
7	2	85 pillow block		
6	1	Assembly solar panel new		
5	1	penyangga T	Iron, Cast	
4	6	Square Head M16 bolt	Steel, Alloy	
3	1	Plat Penghubung	Generic	
2	1	Tiang Penyangga	Generic	
1	1	Pondasi Beton	Concrete	
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION

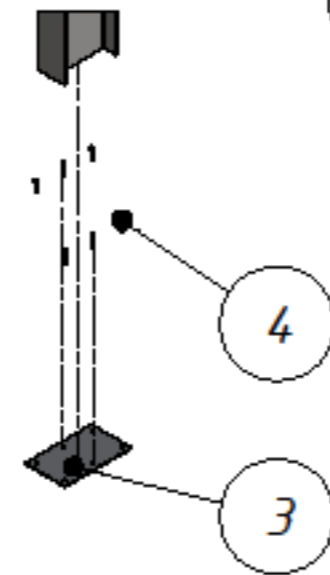
PARTS LIST



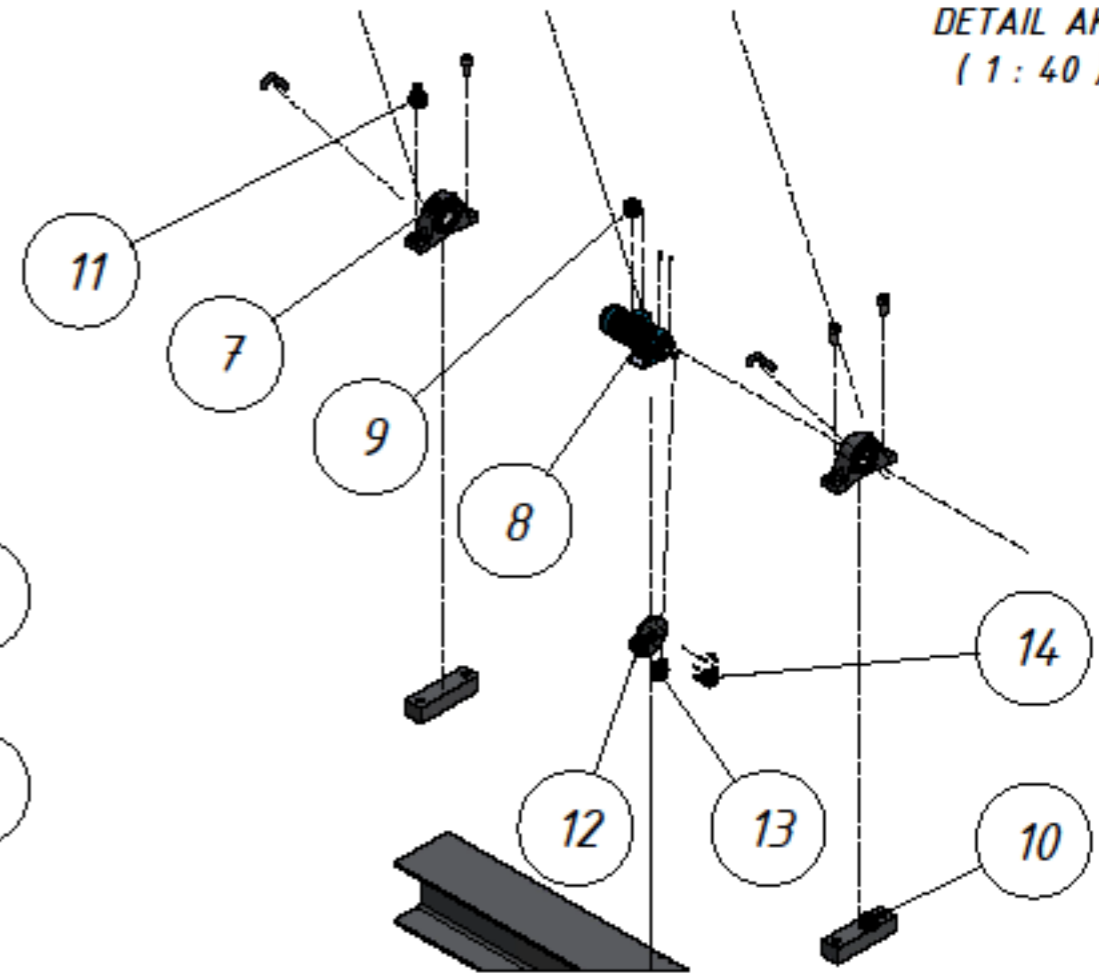
Skala	: 1 : 50	Digambar	: Bryan Alie Ibnu Khoiruman	keterangan
Satuan ukur	: mm	NRP	: 10211710013019	
Tanggal	: 30/01/2022	Dilihat	: Hendro Nurhadi, Dipl.ing.PhD	



DETAIL AJ
(1 : 40)

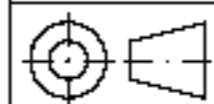


DETAIL AK
(1 : 40)



15	1	Assembly AS x		
14	8	ANSI B18.3.1M - M10x15 x 30(2)	Steel, Mild	
13	1	Spur Gear Motor	Iron, Cast	
12	1	Spur Gear AS Big	Iron, Cast	
11	4	ANSI B18.3.1M - M36x4 x 70(1)	Steel, Mild	
10	2	Penumpu Bearing	Generic	
9	4	ANSI B18.3.1M - M10x15 x 35(2)	Steel, Mild	
8	1	VLHF10T08		
7	2	85 pillow block		
6	1	Assembly solar panel new		
5	1	penyangga T	Iron, Cast	
4	6	Square Head M16 bolt	Steel, Alloy	
3	1	Plat Penghubung	Generic	
2	1	Tiang Penyangga	Generic	
1	1	Pondasi Beton	Concrete	
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION

PARTS LIST



Skala : 1 : 90
Satuan ukur : mm
Tanggal : 30/01/2022

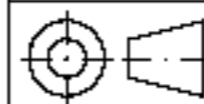
Digambar : Bryan Alie Ibnu Khoiruman
NRP : 10211710013019
Dilihat : Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD

keterangan



7	1	Plate Hold Gear	Iron, Cast	
6	2	Penumpu solar panel n shaft	Iron, Cast	
4	12	Assembly penumpu solar		
3	1	Assembly hollow solar panel		
2	1	frame mid sollar new	Generic	
1	1	frame sollar new	Steel, Mild	
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION

PARTS LIST



Skala : 1 : 30
 Satuan ukur : mm
 Tanggal : 30/01/2022

Digambar : Bryan Alie Ibnu Khoiruman
 NRP : 10211710013019
 Dilihat : Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD

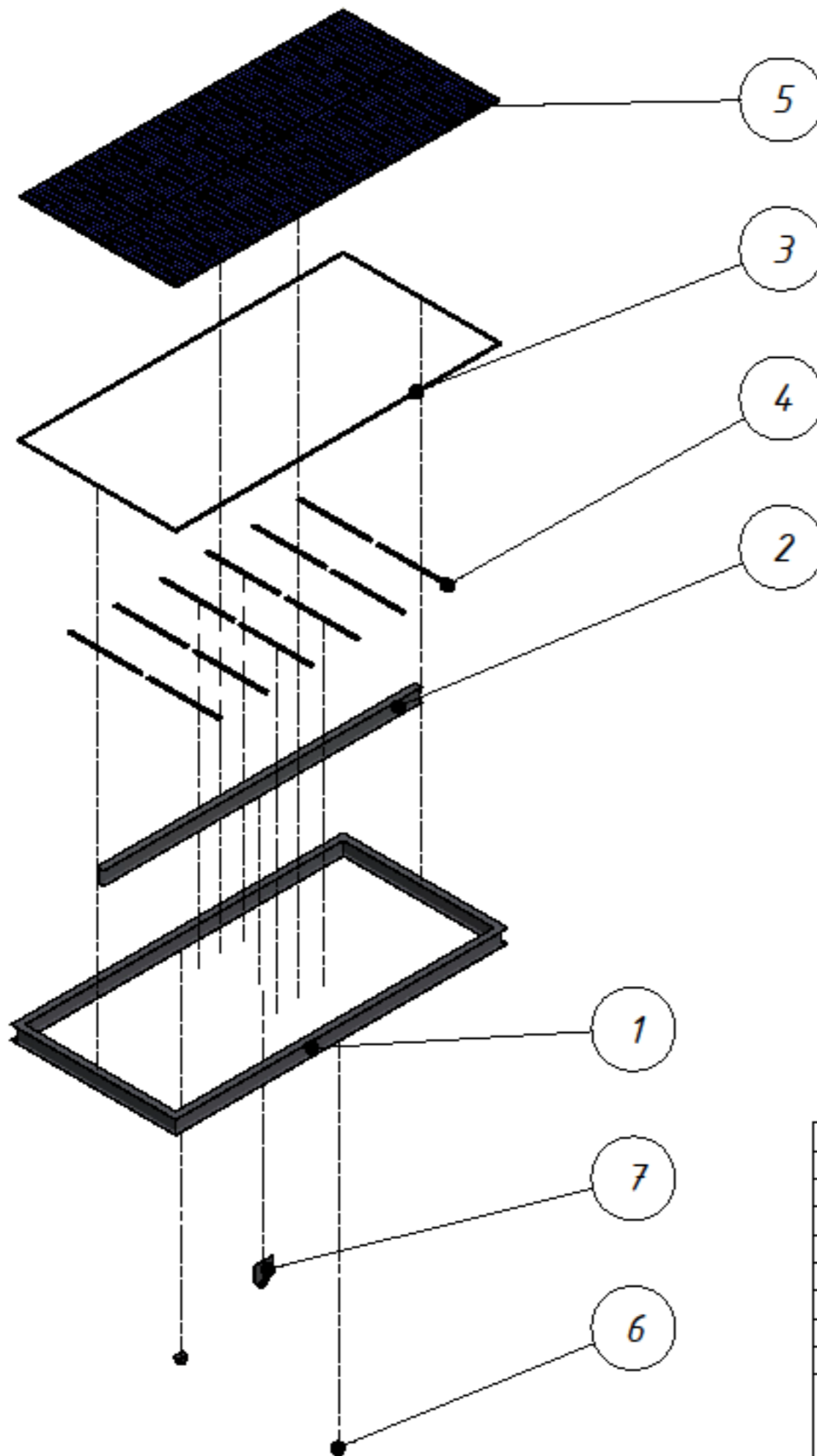
keterangan

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
 FAKULTAS VOKASI
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

I-CAR SOLAR CELL

NO. 4

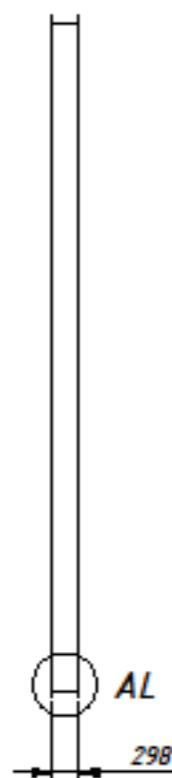
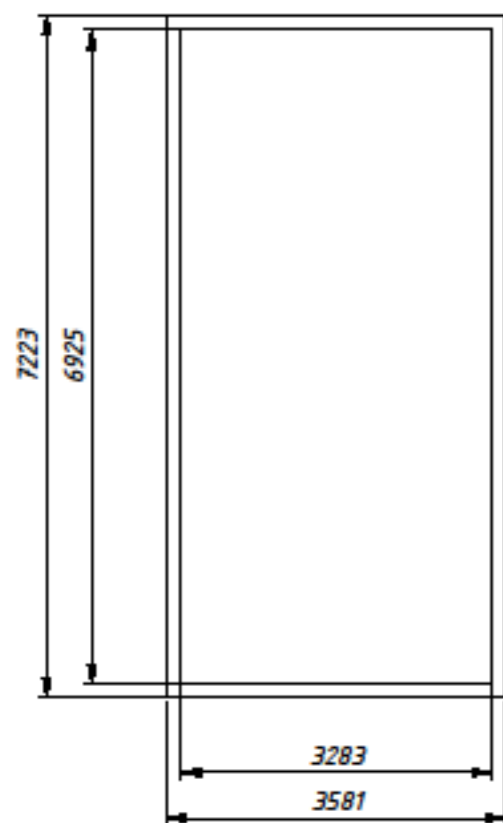
A3



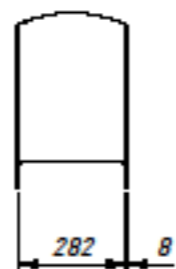
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION
7	1	Plate Hold Gear	Iron, Cast	
6	2	Penumpu solar panel n shaft	Iron, Cast	
5	14	Solar Cell	Generic	
4	12	Assembly penumpu solar		
3	1	Assembly hollow solar panel		
2	1	frame mid sollar	Generic	
1	1	frame sollar	Steel, Mild	

PARTS LIST					
	Skala	: 1 : 85	Digambar	: Bryan Alie Ibnu Khoiruman	keterangan
	Satuan ukur	: mm	NRP	: 10211710013019	
	Tanggal	: 30/01/2022	Dilihat	: Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD	
<small>DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</small>		I-CAR SOLAR CELL		NO. 5	A3

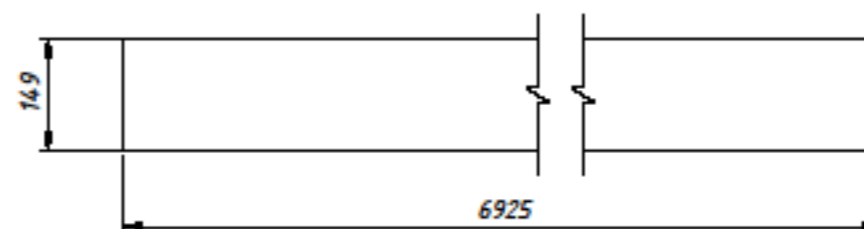
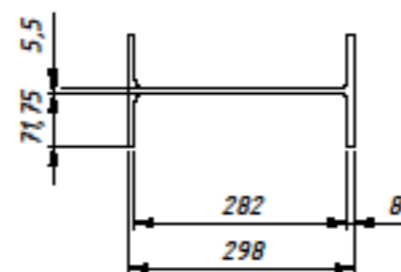
1 FRAME SOLAR



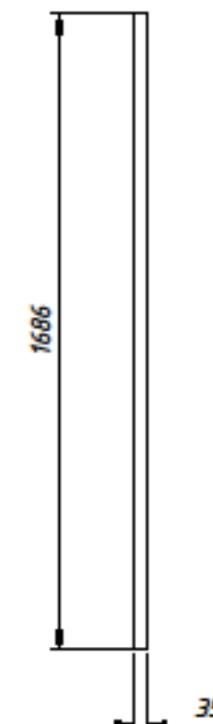
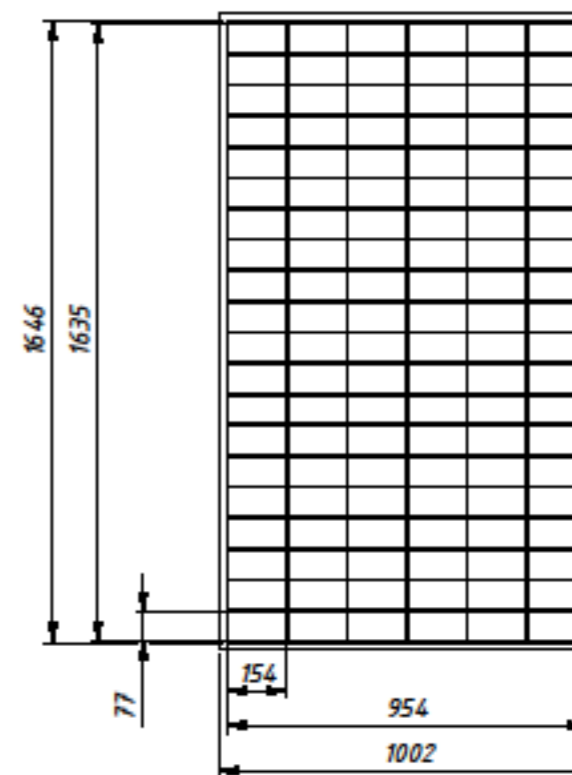
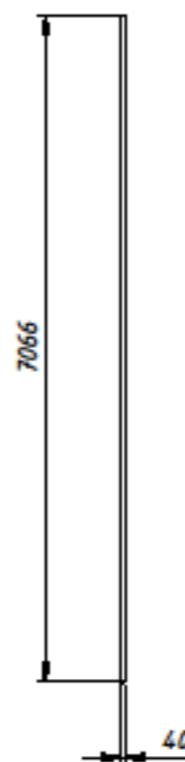
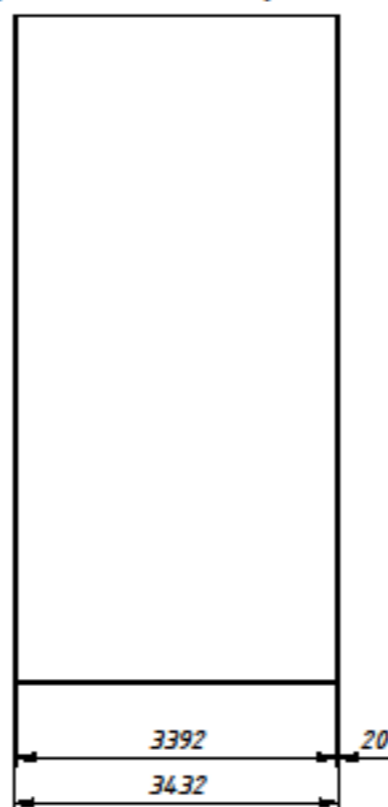
DETAIL AL
(1 : 20)



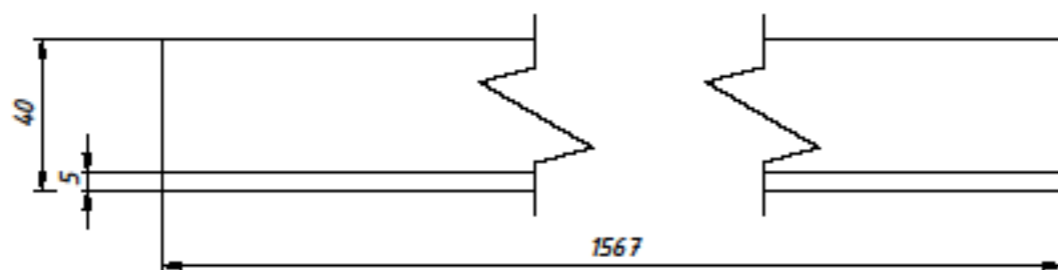
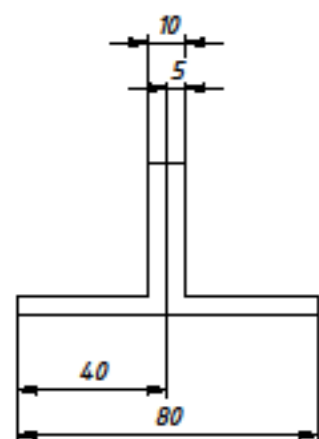
2 FRAME MID SOLLAR (1 : 10)



3 HOLLOW SOLAR PANEL (1 : 80)

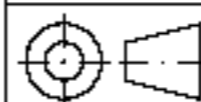


4 PENUMPU SOLAR (1 : 2)



5	14	Solar Cell	Generic	
4	12	Assembly penumpu solar		
3	1	Assembly hollow solar panel		
2	1	frame mid sollar	Generic	
1	1	frame sollar	Steel, Mild	
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION

PARTS LIST

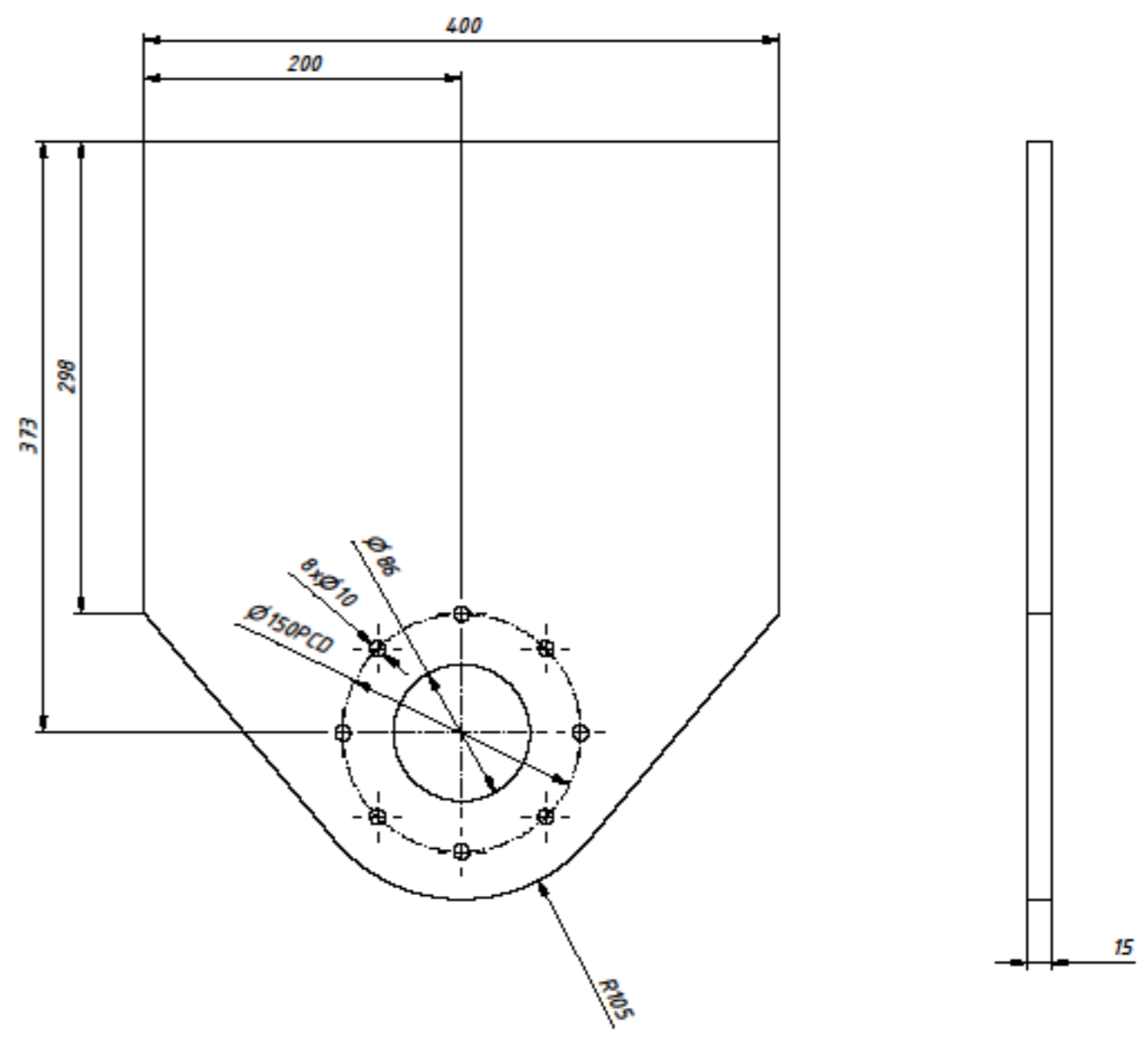
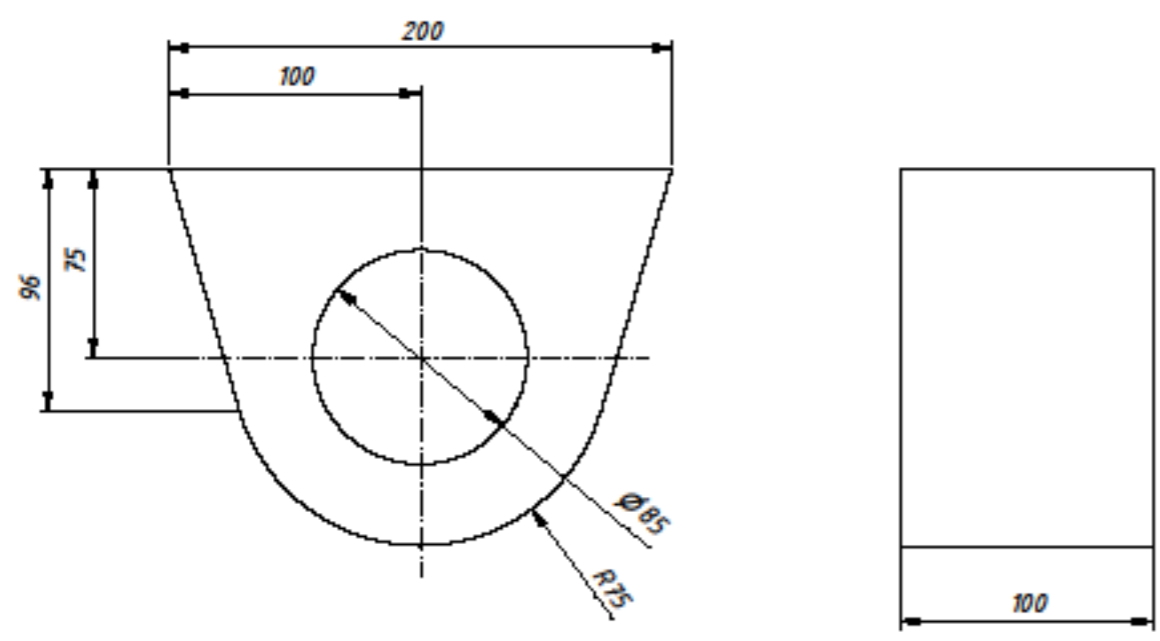


Skala : 1 : 20 Digambar : Bryan Alie Ibnu Khoiruman
 Satuan ukur : mm NRP : 10211710013019
 Tanggal : 30/01/2022 Dilihat : Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD

keterangan

7 PLATE HOLD GEAR

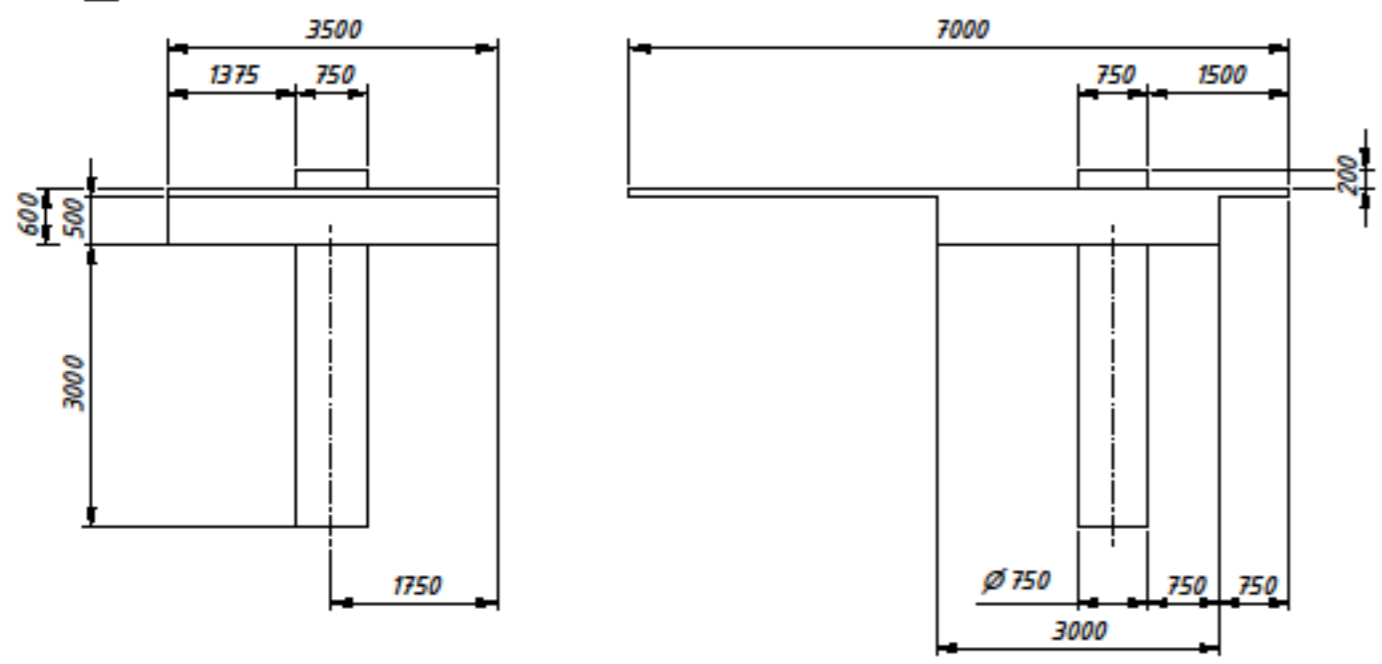
6 PENUMPU SOLAR PANEL



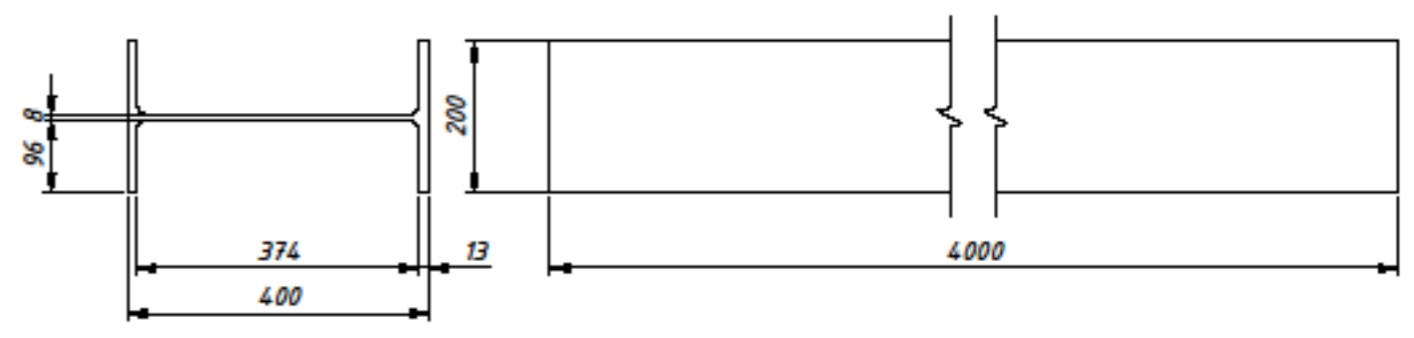
ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION
7	1	Plate Hold Gear	Iron, Cast	
6	2	Penumpu solar panel n shaft	Iron, Cast	

PARTS LIST				
	Skala	: 1 : 4	Digambar	: Bryan Alie Ibnu Khoiruman
	Satuan ukur	: mm	NRP	: 10211710013019
	Tanggal	: 30/01/2022	Dilihat	: Hendro Nurhadi, Dipl.ing.PhD
<small>DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI FAKULTAS TEKNIK INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</small>		I-CAR SOLAR CELL		NO. 7 A3

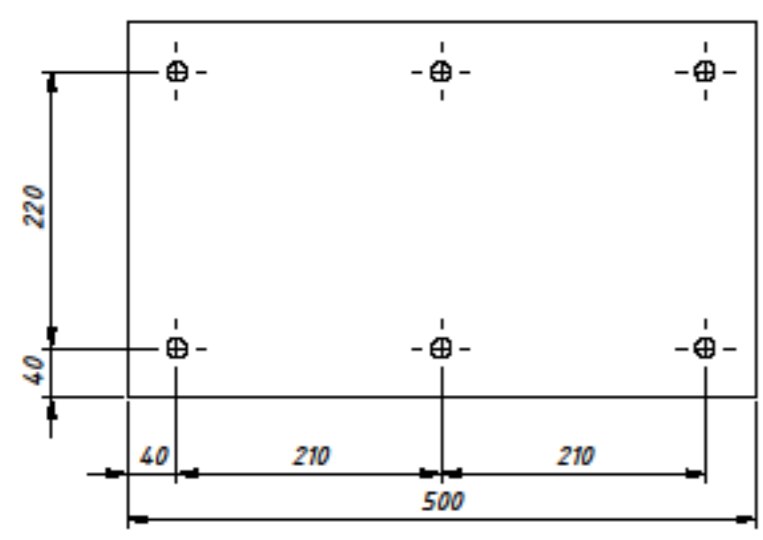
1 PONDASI BETON



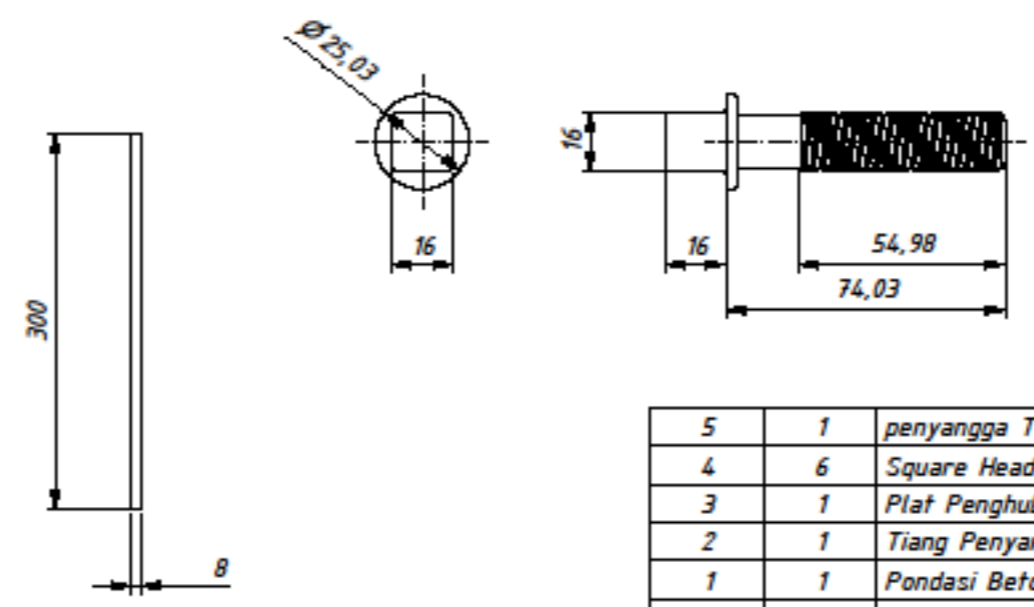
2 TIANG PENYANGGA (1 : 10)



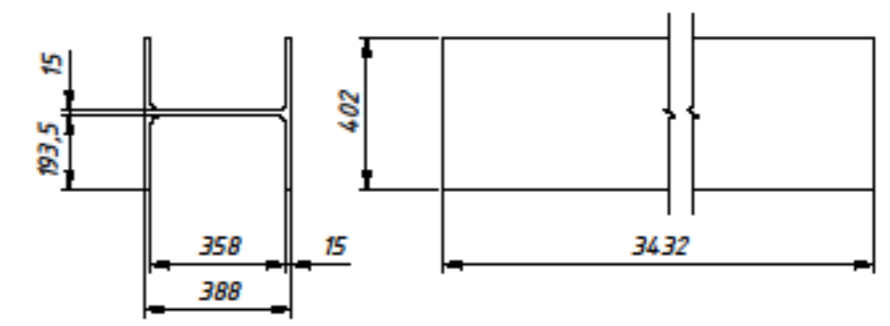
3 PLAT PENGHUBUNG (1 : 6)



4 SQUARE HEAD M16 BOLT (1 : 2)



5 PENYANGGA T (1 : 20)



ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION
5	1	penyangga T	Iron, Cast	
4	6	Square Head M16 bolt	Steel, Alloy	
3	1	Plat Penghubung	Generic	
2	1	Tiang Penyangga	Generic	
1	1	Pondasi Beton	Concrete	

PARTS LIST

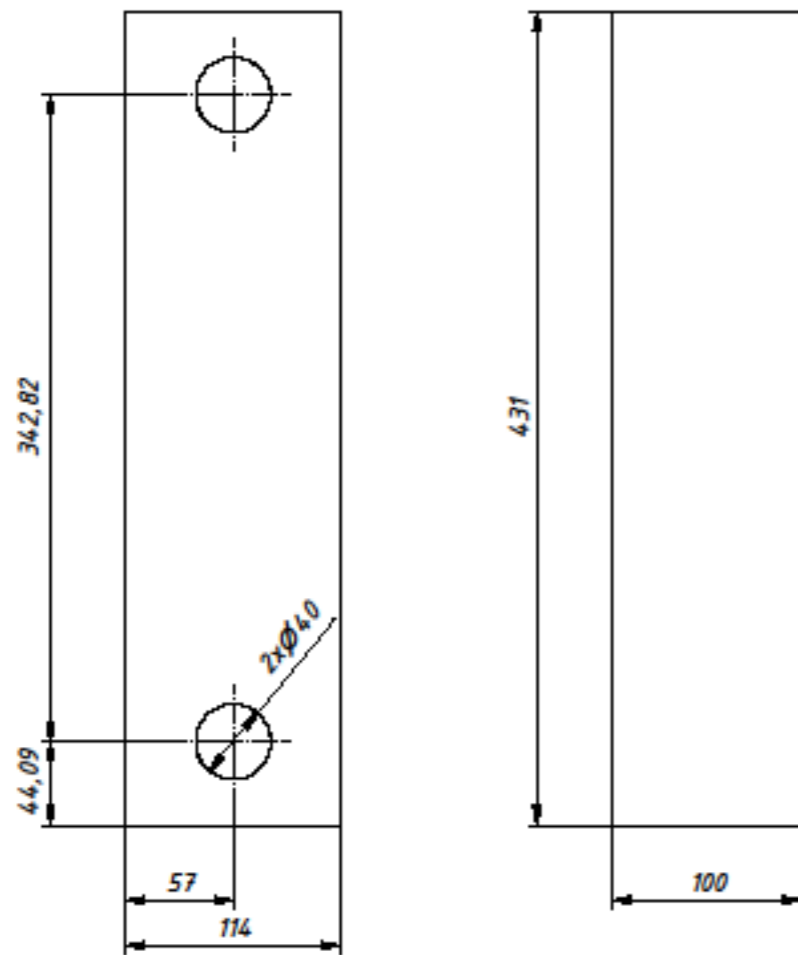
	Skala : 1 : 80	Digambar : Bryan Alie Ibnu Khoiruman	keterangan
	Satuan ukur : mm	NRP : 10211710013019	
	Tanggal : 30/01/2022	Dilihat : Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD	

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
 FAKULTAS TEKNIK
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

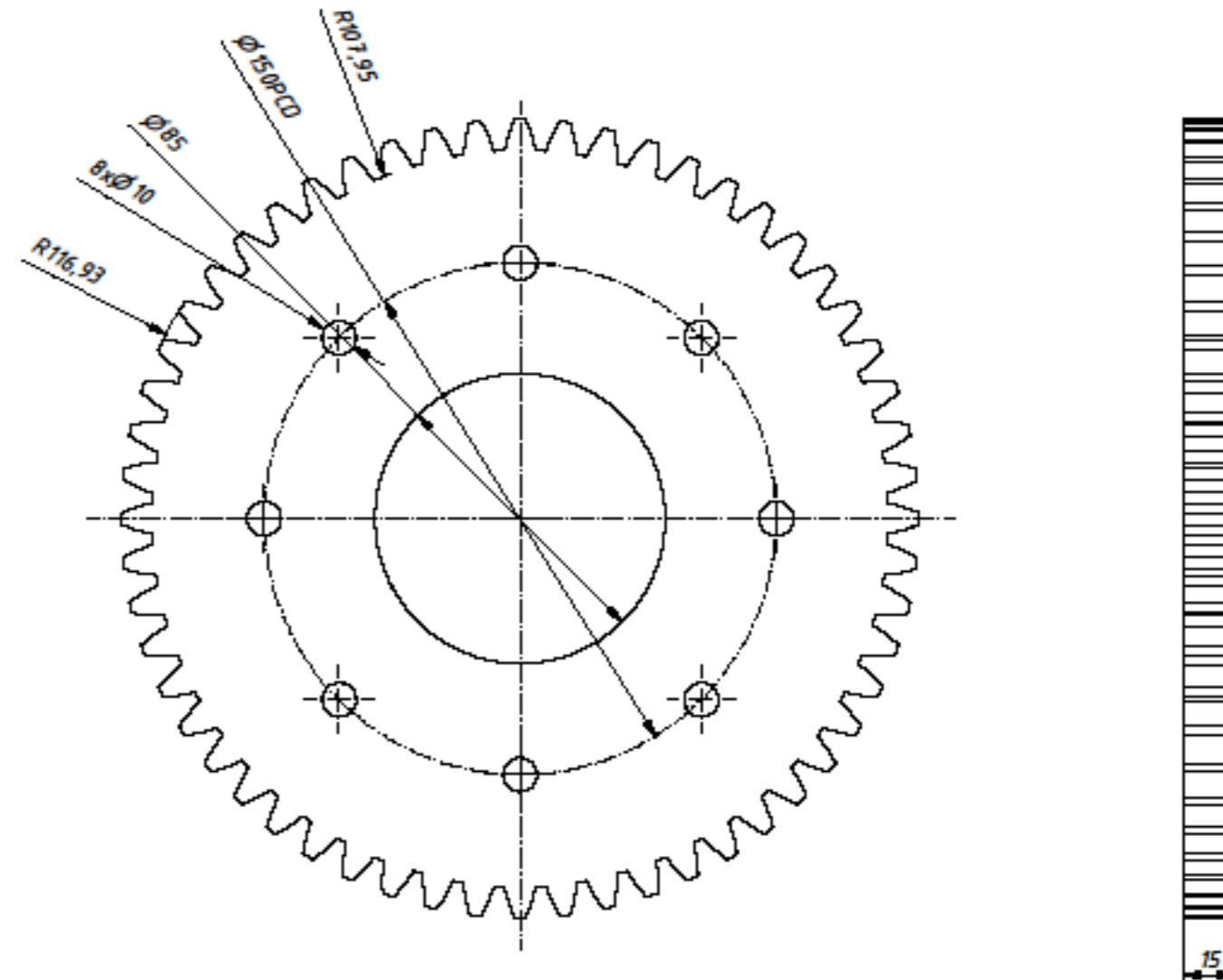
I-CAR SOLAR CELL

NO. 8 **A3**

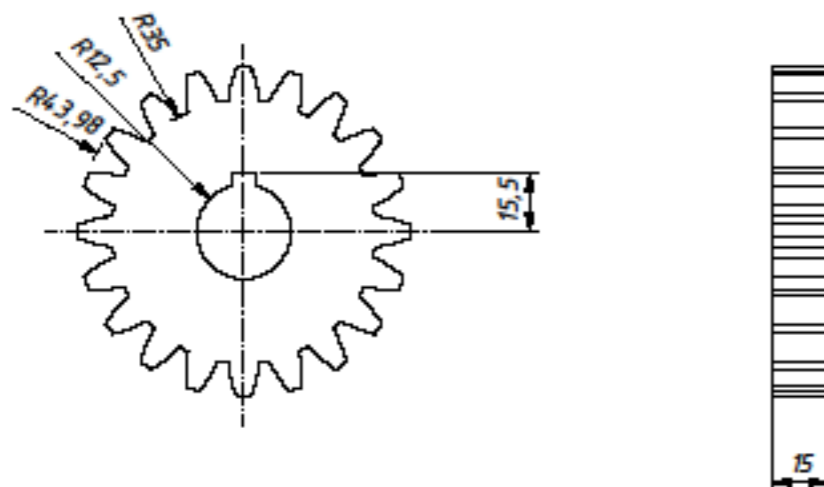
10 PENUMPU BEARING



12 SPUR GEAR AS BIG (1 : 2)



13 SPUR GEAR MOTOR (1 : 2)



ITEM	QTY	PART NUMBER	MATERIAL	DESCRIPTION
13	1	Spur Gear Motor	Iron, Cast	
12	1	Spur Gear AS Big	Iron, Cast	
10	2	Penumpu Bearing	Generic	

PARTS LIST				
	Skala	: 1 : 4	Digambar	: Bryan Alie Ibnu Khoiruman
	Satuan ukur	: mm	NRP	: 10211710013019
	Tanggal	: 30/01/2022	Dilihat	: Hendro Nurhadi, Dipl.Ing.PhD

BIODATA PENULIS



Bryan Alie Ibnu Khoiruman adalah Nama penulis Proposal Akhir ini. Penulis terlahir di Gresik pada 4 Januari 1999 dari orang tua Ach. Shobiron dan Umi Marfu'ah sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dimulai dari SDN Pongangan 2 Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik (Lulus pada tahun 2012), lalu melanjutkan ke SMP Negeri 3 Gresik (Lulus pada tahun 2014), lalu melanjutkan ke SMA Negeri 1 Gresik (Lulus pada tahun 2017), dan memulai masa kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Fakultas Vokasi Departemen Teknik Rekayasa Konversi Energi dan mengambil Proyek Akhir dibidang manufaktur dengan mata kuliah kinematika dan dinamika.

Selama masa kuliah penulis aktif dalam kegiatan Organisasi dalam kampus. Penulis secara aktif terlibat dalam kepengurusan Himpunan Mahasiswa Departemen Teknik Mesin Industri dengan jabatan Staff Ahli Departemen Minat dan Bakat (MINBA) HMDM ITS periode 2018/2019. Selain kuliah di ITS penulis juga kuliah di BLK/UPT-PK Surabaya yang merupakan program kerjasama antara ITS dengan Disnakertransduk. Penulis pernah melakukan Kerja Praktek di PT. Pertamina Lubricants, Kabupaten Gresik dan juga pernah magang di PT. Aneka Adhilogam Karya, Kabupaten Klaten.

Untuk semua informasi, keluhan, masukan dan saran dapat menghubungi penulis melalui e-mail: mokumnasil04@gmail.com