



PPNS POLITEKNIK
PERKAPALAN
NEGERI SURABAYA

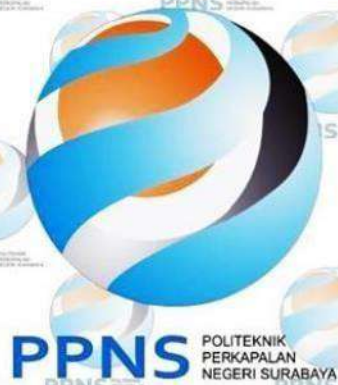
TUGAS AKHIR (DM43300)

**PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI
KOMPONEN ANTAR *WORKSHOP* DI PT. PELANGI
INDOKARYA**

Rohmatul Khasanah
NRP. 0622040049

DOSEN PEMBIMBING :
PROF. DR. ENG. I PUTU SINDHU ASMARA, S.T., M.T., MRINA
RIZAL INDRAWAN , S.ST., M.T.

PROGRAM STUDI D4 TEKNIK DESAIN DAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2026



TUGAS AKHIR (DM43300)

**PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI
KOMPONEN ANTAR *WORKSHOP* DI PT. PELANGI
INDOKARYA**

**Rohmatul Khasanah
NRP. 0622040049**

**DOSEN PEMBIMBING:
PROF. DR. ENG. I PUTU SINDHU ASMARA, S.T., M.T., MRINA
RIZAL INDRAWAN, S.ST., M.T.**

**PROGRAM STUDI D4 TEKNIK DESAIN DAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK PERMESINAN KAPAL
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA
SURABAYA
2026**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI KOMPONEN ANTAR *WORKSHOP* DI PT PELANGI INDOKARYA

Disusun Oleh:
Rohmatul Khasanah
NRP 0622040049

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Kelulusan
Program Studi D4 - Teknik Desain dan Manufaktur
Jurusan Teknik Permesinan Kapal
POLITEKNIK PERKAPALAN NEGERI SURABAYA

Disetujui oleh Tim penguji Tugas Akhir Tanggal Ujian : 14 Juli 2026
Periode Wisuda : Oktober 2026

Menyetujui,

Dosen Penguji

1. Tri Andi Setiawan, S.ST., M.T.
2. Rizal Indrawan, S.ST., M.T.
3. Pranowo Sidi, S.T., M.T.
4. Muhammad Fiky Izzulhaq, S.T., M.T.

NIDN/NUPTK

(0028018902)
(0023078902)
()
(9063777678130113)

Tanda Tangan

(.....)
(.....)
(.....)
(.....)

Dosen Pembimbing

1. Prof. Dr. Eng. I Putu Sindhu Asmara,
S.T., M.T., MRINA.
2. Rizal Indrawan, S.ST., M.T.

NIDN/NUPTK

(0009047006)
(0023078902)

Tanda Tangan

(.....)
(.....)

Menyetujui
Ketua Jurusan,

Mengetahui
Koordinator Program Studi,



Dr. Ir. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T.
NIP. 197708192095011001

Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T.
NIP. 198910072019031008

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

 PPNS POLYTEKNIK PERENCANAAN NEGARA SURABAYA	<u>PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT</u>	No. : F.WD I. 021 Date : 3 Nopember 2015 Rev. : 01 Page : 1 dari 1
---	--	---

Yang bertandatangan dibawahini :

Nama : Rohmatul Khasanah

NRP. : 0622040049

Jurusan/Prodi : Teknik Permesinan Kapal / D4- Teknik Desain dan Manufaktur

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

Tugas Akhir yang akan saya kerjakan dengan judul :
**PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI KOMPONEN ANTAR
WORKSHOP DI PT. PELANGI INDOKARYA**

Adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain.

Apabila dikemudian hari terbukti terdapat plagiat dalam karya ilmiah tersebut, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh tanggung jawab.

Surabaya, 13 Agustus 2026

Yang membuat pernyataan,



(Rohmatul Khasanah)
NRP. 0622040049

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat, karunia, serta kekuatan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“Perancangan *Transfer Car* untuk Mobilisasi Komponen Antar *Workshop* di PT Pelangi Indokarya.”** Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T) pada Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, penulis banyak menerima bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua tercinta, Almarhum Bapak Darimin Ujang Sukanta, dan Almarhumah Ibu Sumiasih. Dengan penuh kerinduan yang tidak pernah pudar, betapa berat rasanya ditinggalkan sejak kecil. Meski raga kalian tak membersamai langkah penulis, namun doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang telah kalian berikan menjadi cahaya yang menuntun penulis hingga dititik ini. Terimakasih Bapak. Terimakasih Ibu. Segala jerih payah, nasihat, dan kasih sayang kalian akan selalu hidup dalam hati untuk menjadi bekal penulis melangkah ke masa depan.
2. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Dr. Ir. Priyo Agus Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
4. Bapak Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak Fipka Bisono, S.ST., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. Bapak Prof. Dr. Eng. I Putu Sindhu Asmara, S.T., M.T., MRINA selaku dosen pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis.
7. Bapak Rizal Indrawan, S.ST., M.T. selaku dosen pembimbing 2 yang telah

memberikan bimbingan dan masukan kepada penulis.

8. Tim Dosen Penguji, Seluruh Dosen dan Staf Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya yang telah memberikan banyak ilmu berharga selama perkuliahan.
9. Segenap Pimpinan, Manager, *Staff* dan Karyawan PT. Pelangi Indokarya yang senantiasa membantu dan memberikan dukungan, saran serta mencukupi kebutuhan penulis.
10. Keluarga besar penulis, yang senantiasa menyertai dengan do'a dan dukungan. Segala bentuk perhatian serta kasih sayang yang diberikan untuk penulis.
11. Kepada seseorang yang tak kalah penting kehadirannya, Rayhan Hantami Amrullah yang telah senantiasa mendengarkan keluhan kesah penulis, mendukung dan memberikan *support* tanpa pamrih kepada penulis.
12. Nadya Intan Eka R., Yuninda Frisqilia, Adheana Nur Hayati, Fauziyah Rahman, Nanda Surya N., Sovi Mukolifah selaku sahabat penulis yang memberi semangat dan dukungan.
13. Velycia, Imelda, Dyta, Mila, Jac, Tia selaku teman seperjuangan dan saling memberi semangat dalam menyusun tugas akhir ini hingga selesai.

Penulis menyadari bahwa penyusunan Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu diperlukan kritik dan saran membangun demi kemajuan Tugas Akhir yang lebih baik. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat dan referensi untuk penelitian selanjutnya. Apabila terdapat kesalahan yang penulis buat, penulis mohon maaf sebesar-besarnya.

Surabaya, 6 Juli 2026

Penulis

PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI KOMPONEN ANTAR *WORKSHOP* DI PT PELANGI INDOKARYA

Rohmatul Khasanah

ABSTRAK

PT Pelangi Indokarya merupakan perusahaan manufaktur komponen otomotif yang masih menghadapi kendala pada proses mobilisasi material antar *workshop* karena masih menggunakan *forklift*. Kondisi tersebut menyebabkan waktu tunggu yang tinggi, penggunaan tenaga kerja yang kurang efisien, serta meningkatkan risiko keselamatan kerja. Penelitian ini bertujuan merancang *transfer car* sebagai alternatif sistem mobilisasi material yang lebih efisien, aman, dan ekonomis. Metode penelitian menggunakan metode Ulrich yang meliputi identifikasi kebutuhan pelanggan, pengembangan dan seleksi konsep, perancangan komponen, serta analisis kekuatan struktur menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) pada perangkat lunak Autodesk Fusion 360. Hasil perancangan menunjukkan bahwa konsep terpilih menggunakan rangka profil WF 250×250×9×14 mm berbahan ASTM A36 dengan kapasitas angkut 7.000 kg dan beban desain sebesar 103.005 N. Sistem penggerak yang dipilih terdiri atas motor AC induksi 0,75 kW, *helical inline gearbox* rasio 1:110, poros berdiameter 40 mm, dan *Deep Groove Ball Bearing* tipe 6208. Hasil analisis menunjukkan tegangan maksimum sebesar 45,81 MPa, lebih kecil dari tegangan izin 50 MPa, dengan *safety factor* 5,46 serta defleksi maksimum 2,89 mm, lebih kecil dari defleksi izin 3,46 mm. Dengan demikian, rancangan *transfer car* dinyatakan aman, layak diimplementasikan, dan berpotensi meningkatkan efisiensi mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya

Kata kunci: *Transfer Car*, Metode Ulrich, *Material Handling*, *Finite Element Analysis*, Autodesk Fusion 360.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN OF TRANSFER CAR FOR COMPONENT TRANSPORT BETWEEN WORKSHOPS AT PT PELANGI INDOKARYA

Rohmatul Khasanah

ABSTRACT

PT Pelangi Indokarya is an automotive component manufacturer that continues to face challenges in the process of moving materials between workshops because it still relies on forklifts. This situation results in long wait times, inefficient use of labor, and increased workplace safety risks. This study aims to design a transfer car as an alternative material handling system that is more efficient, safer, and more economical. The research method employs the Ulrich method, which includes identifying customer needs, developing and selecting concepts, designing components, and analyzing structural strength using Finite Element Analysis (FEA) in Autodesk Fusion 360 software. The design results show that the selected concept uses a WF 250×250×9×14 mm profile frame made of ASTM A36 steel with a load capacity of 7,000 kg and a design load of 103,005 N. The selected drive system consists of a 0.75 kW AC induction motor, a 1:110 ratio helical inline gearbox, a 40 mm diameter shaft, and a 6208-type deep groove ball bearing. The analysis results show a maximum stress of 45.81 MPa, which is less than the allowable stress of 50 MPa, with a safety factor of 5.46, and a maximum deflection of 2.89 mm, which is less than the allowable deflection of 3.46 mm. Thus, the transfer car design is deemed safe, suitable for implementation, and has the potential to improve the efficiency of component mobilization between workshops at PT. Pelangi Indokarya.

Keywords: *Transfer Car, Ulrich Method, Material Handling, Finite Element Analysis, Autodesk Fusion 360.*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIAT	v
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Alat Angkut	8
2.3 <i>Transfer Car</i>	9
2.4 Komponen Pada <i>Transfer Car</i>	10
2.4.1 <i>Frame</i> (Rangka Utama).....	10
2.4.2 Sistem Roda.....	11
2.4.3 Sistem Penggerak	12
2.5 Klasifikasi Pemilihan Material	23
2.5.1 Material Baja ASTM A36	23
2.5.2 Material ST 60/S45C.....	24
2.6 Jenis - Jenis Pembebanan.....	26
2.6.1 Beban Terpusat.....	26
2.6.2 Beban Merata	27
2.7 Analisis Struktur	28

2.7.1	Momen.....	28
2.7.2	Momen Inersia.....	28
2.7.3	Modulus Penampang Minimum	29
2.7.4	Tegangan	29
2.7.5	Defleksi.....	31
2.7.6	<i>Safety Factor</i>	31
2.8	Metode Ulrich.....	33
2.8.1	Proses Perancangan dan Pengembangan Produk.....	33
2.8.2	Penyusunan Daftar Kebutuhan	35
2.8.3	Penetapan Spesifikasi	36
2.8.4	Penyusunan Konsep.....	37
2.8.5	Pemilihan Konsep.....	38
2.8.6	Pengembangan Konsep	38
2.8.7	Penyaringan Konsep	39
2.8.8	Penilaian Konsep	41
2.8.9	Perwujudan Desain dan Komponen	42
2.9	Metode Elemen Hingga	42
2.9.1	<i>Software</i> Autodesk Fusion 360.....	45
2.10	Rencana Anggaran Biaya	46
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		48
3.1	Diagram Alir Penelitian	49
3.2	Observasi Lapangan.....	50
3.3	Identifikasi dan Perumusan Masalah	50
3.4	Studi Literatur	50
3.5	Kajian Produk Eksisting.....	51
3.6	Penyusunan Daftar Kebutuhan.....	51
3.7	Pembuatan Konsep Desain	51
3.8	Pemilihan Konsep Desain	52
3.9	Perhitungan Konstruksi Awal	52
3.10	Perhitungan Detail Komponen Konsep Terpilih.....	53
3.11	Analisis Kekuatan Struktur	53
3.12	Pembuatan <i>Detail Engineering Drawing</i> Konsep Terpilih	53

3.13	Rincian Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	54
3.14	Kesimpulan dan Saran	54
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		55
4.1	Kajian Produk Eksisting	55
4.2	Penyusunan Daftar Kebutuhan	57
4.3	Pembuatan Konsep Desain	58
4.3.1	Konsep Desain 1	59
4.3.2	Konsep Desain 2	59
4.3.3	Konsep Desain 3	60
4.4	Pemilihan Konsep Desain.....	61
4.4.1	Pemilihan Konsep Desain Mengacu Pada Perawatan	61
4.4.2	Pemilihan Konsep Desain Mengacu Pada Manufaktur	63
4.4.3	Pemilihan Konsep Desain Mengacu Pada Manufaktur	66
4.4.4	Penetapan Konsep Desain Terpilih	69
4.5	Perhitungan Konstruksi Awal.....	71
4.6	Perancangan dan Perhitungan Komponen Konsep Terpilih.....	74
4.6.1	Perhitungan Gaya Traksi.....	74
4.6.2	Perhitungan Torsi	75
4.6.3	Perhitungan Putaran Roda (RPM).....	75
4.6.4	Perhitungan <i>Gearbox</i>	76
4.6.5	Perhitungan Daya Motor Penggerak	78
4.6.6	Perhitungan Poros	80
4.6.7	Pemilihan <i>Bearing</i>	81
4.7	Analisis Kekuatan Struktur.....	82
4.7.1	Perhitungan <i>Stress</i>	83
4.7.2	Perhitungan Defleksi.....	88
4.7.3	Analisa <i>Software</i>	89
4.8	Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)	91
4.8.1	Biaya Pembelian Bahan Baku	91
4.8.2	Biaya Pembelian Komponen.....	92
4.8.3	Biaya Fabrikasi.....	92
4.8.4	Biaya Total	93

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	97
5.1 Kesimpulan	97
5.2 Saran	98
DAFTAR PUSTAKA.....	99
LAMPIRAN	103
BIODATA PENULIS.....	119

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Transfer Car</i> (Demag Cranes & Components GmbH, 2022).....	9
Gambar 2.2 Torsi (Khurmi & Gupta, 2005).....	13
Gambar 2.3 Poros Transmisi (www.blog.mesin77.com).....	17
Gambar 2.4 Poros Spandel (www.id.made-in-china.com)	18
Gambar 2.5 Poros Gandar (www.parts.cat.com)	18
Gambar 2.6 Struktur <i>Bearing</i> (Sularso & K. Suga, 2004).....	21
Gambar 2.7 Pembebanan Terpusat (www.sarastiana.com)	27
Gambar 2.8 Pembebanan Merata (www.sarastiana.com).....	28
Gambar 2.9 Proses Pengembangan Produk (Ulrich & Eppinger, 2015)	34
Gambar 2.10 Langkah dalam Penyusunan Konsep (Ulrich & Eppinger, 2015)....	37
Gambar 2.11 Faktor yang Mempengaruhi Pengembangan Konsep (Ulrich & Eppinger, 2015).....	39
Gambar 2.12 Proses Analisis Metode Elemen Hingga (Bathe, 2014).....	43
Gambar 3.1 Diagram Alir	49
Gambar 4.1 <i>Transfer Car</i> (Demag Cranes & Components GmbH, 2022)	56
Gambar 4.2 Konsep Desain 1	59
Gambar 4.3 Konsep Desain 2	60
Gambar 4.4 Konsep Desain 3	60
Gambar 4.5 Diagram Alur Perbandingan Berdasarkan Operasional	67
Gambar 4.6 Diagram Acuan Perhitungan Momen Lentur (Ormulas et al., 2005)	83
Gambar 4.7 Nilai Modulus penampang Berdasarkan Katalog WF 250X250 (Ir. Rudy Gunawan,1987).....	85
Gambar 4.8 Nilai Momen Inersia Berdasarkan Katalog WF 250X250 (Ir. Rudy Gunawan,1987)	86
Gambar 4.9 Analisa pada Rangka Menggunakan <i>Software</i> Fusion 360.....	90
Gambar 4.10 Analisa <i>Stress</i> pada Rangka Menggunakan <i>Software</i> Fusion 360 .	90
Gambar 4.11 Analisa <i>Displacement</i> pada Rangka Menggunakan <i>Software</i> Fusion 360	91

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	7
Tabel 2.2 Baja S-C.....	19
Tabel 2.3 Nilai X dan Y Berdasarkan Gaya Radial dan Aksial <i>Bearing</i>	21
Tabel 2.4 Nilai <i>Service Factor Ball Bearing</i>	22
Tabel 2.5 ASTM A36 <i>Steel Physical Properties and Mechanical Properties</i>	23
Tabel 2.6 Sifat Mekanik Material ST 60 / S45C	26
Tabel 2.7 <i>Safety Factor</i> Berdasarkan Kondisi	32
Tabel 2.8 <i>Safety Factor</i> Berdasarkan Jenis Bahan.....	33
Tabel 2.9 Tabel Daftar Kebutuhan	36
Tabel 2.10 Matriks Penyaringan Konsep.....	40
Tabel 2.11 Matriks Penilaian Konsep.....	41
Tabel 2.12 Keterangan Nilai.....	42
Tabel 3.1 Tabel Daftar Kebutuhan	51
Tabel 3.2 Matrik Penilaian Konsep	52
Tabel 4.1 Spesifikasi <i>Transfer Car</i> Demag Cranes	56
Tabel 4.2 Daftar Kebutuhan	58
Tabel 4.3 Kriteria Penilaian Perawatan	63
Tabel 4.4 Penilaian Aspek Perawatan	63
Tabel 4.5 Perkakas Manufaktur	64
Tabel 4.6 Keterangan Penilaian Manufaktur	64
Tabel 4.7 Keterangan Penilaian Manufaktur	65
Tabel 4.8 Penilaian Proses Manufaktur	66
Tabel 4.9 Penilaian Operasional	69
Tabel 4.10 Keterangan Ulasan dari Kriteria Seleksi.....	70
Tabel 4.11 Keterangan Rate Pemilihan Konsep.....	70
Tabel 4.12 Penilaian Konsep Desain.....	71
Tabel 4.13 Pemilihan Baja Profil	73
Tabel 4.14 Tabel Spesifikasi Motor Listrik.....	77
Tabel 4.15 Spesifikasi <i>Gearbox</i>	80
Tabel 4.16 Sifat Fisik Material ASTM A36.....	82

Tabel 4.17 Material ASTM A36	89
Tabel 4.18 Rincian Biaya Bahan Baku	91
Tabel 4. 19 Biaya Pembelian Komponen.....	92
Tabel 4.20 Biaya Fabrikasi	93

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam praktik industri manufaktur skala menengah di Indonesia, permasalahan mobilisasi material antar *workshop* masih sering dilakukan secara manual dan belum terintegrasi secara optimal. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan berbagai permasalahan, seperti meningkatnya waktu pemindahan material, biaya operasional yang tinggi, serta risiko keselamatan kerja. Di sisi lain, perkembangan industri manufaktur saat ini menunjukkan tuntutan yang semakin tinggi terhadap efisiensi proses produksi, fleksibilitas tata letak fasilitas, dan keselamatan kerja. Penerapan konsep *lean manufacturing* dan *Industry 4.0* mendorong perusahaan untuk meminimalkan aktivitas *non-value added*, termasuk waktu dan biaya pemindahan material di dalam area produksi. Menurut laporan McKinsey (2022), optimalisasi sistem logistik internal dan *material handling* dapat meningkatkan produktivitas manufaktur hingga 30–50%. Oleh karena itu, pemindahan material yang efektif, cepat, dan ekonomis menjadi elemen penting dalam mendukung daya saing perusahaan manufaktur, khususnya pada fasilitas dengan beberapa *workshop* yang saling terhubung. Namun, pada banyak pabrik di Indonesia, mobilisasi material masih didominasi oleh penggunaan *forklift* yang memiliki keterbatasan dari sisi efisiensi, kontinuitas alur kerja, dan biaya operasional, sehingga diperlukan pengembangan solusi inovatif seperti *transfer car* untuk mengoptimalkan alur kerja pada *workshop* yang berdekatan secara geografis.

Dalam praktik industri, pemindahan material antar *workshop* sering menjadi salah satu penyebab ketidakefisienan apabila tidak didukung sistem transportasi internal yang tepat. Menurut Tompkins, dkk. (2010), biaya *material handling* dapat menyumbang 20-50% dari total biaya operasional manufaktur apabila perencanaannya dilakukan secara tidak optimal. Selain itu, proses pemindahan yang tidak terstruktur juga memicu risiko kecelakaan kerja, kerusakan material, serta kemacetan dalam alur produksi (Groover, 2016).

Permasalahan ini semakin krusial pada perusahaan manufaktur dengan *workshop* yang saling bersebelahan namun memiliki perbedaan fungsi proses, sehingga membutuhkan mobilisasi yang kontinu, terkontrol, dan terintegrasi.

Permasalahan tersebut juga dihadapi oleh PT. Pelangi Indokarya, sebagai perusahaan manufaktur di Indonesia yang bergerak dalam produksi komponen otomotif. Perusahaan ini memiliki susunan *workshop* saling bersebelahan. Di mana area *workshop laser cutting*, bending, dan *storage* berada di sisi barat pabrik, sedangkan *workshop assembly* dan *painting* di sisi timur. Proses produksi menuntut mobilisasi material yang cepat, bersih, dan berbiaya rendah dari sisi barat ke sisi timur. Namun, kondisi tata letak *workshop* tidak memungkinkan penggunaan *overhead crane* karena keterbatasan struktur bangunan dan konfigurasi ruang kerja yang tidak mendukung pemasangan sistem angkat vertikal, sehingga diperlukan alat pemindah alternatif. Saat ini, proses mobilisasi material masih mengandalkan *forklift* yang memiliki keterbatasan dari sisi kapasitas, ketersediaan unit, serta potensi gangguan terhadap keselamatan kerja dan kelancaran alur produksi. Keterbatasan tersebut menyebabkan meningkatnya waktu tunggu, risiko kecelakaan kerja, serta kurang optimalnya efisiensi proses produksi. Kondisi ini menjadikan *transfer car* sebagai alternatif alat pemindah yang lebih sesuai untuk lintasan tetap antar *workshop* yang saling bersebelahan.

Beberapa penelitian terdahulu telah membahas pengembangan *transfer car* di industri manufaktur, seperti studi oleh Kumar dan Jain (2018) meneliti penerapan *Automated Guided Vehicle* (AGV) pada industri otomotif dan menunjukkan peningkatan efisiensi pemindahan material, namun penelitian tersebut fokusnya lebih pada simulasi umum tanpa mempertimbangkan layout *workshop* bersebelahan spesifik. Penelitian lain oleh Lee, dkk. (2020) menganalisis efisiensi *transfer car* di industri elektronik, yang menunjukkan pengurangan waktu siklus, tetapi belum membahas keterbatasan aplikasi di konteks pabrik dengan *overhead crane*, serta kebutuhan area *transfer* bersih. Selain itu, Prasetyo, dkk. (2019) dan Saputra, dkk. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan *transfer car* mampu meningkatkan efisiensi pemindahan material dan mengurangi ketergantungan terhadap *forklift*. Berbagai penelitian

terdahulu menunjukkan bahwa *transfer car* dan teknologi *material handling* lainnya mampu meningkatkan efisiensi alur material dan keselamatan kerja. Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat umum dan belum secara spesifik mengkaji penerapan *transfer car* pada kondisi *workshop* yang bersebelahan dengan lintasan tetap, keterbatasan *overhead crane*, serta tuntutan operasional yang menekankan aspek kecepatan, kebersihan area kerja, dan efisiensi biaya pada industri manufaktur skala menengah. Oleh karena itu, masih diperlukan penelitian yang secara khusus mengkaji perancangan *transfer car* yang sesuai dengan kondisi operasional di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang *transfer car* yang inovatif untuk menyesuaikan kebutuhan mobilisasi antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya, guna meningkatkan efisiensi alur material, produktivitas, serta meningkatkan keselamatan kerja. Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian mengenai perancangan *transfer car* di lingkungan manufaktur. Sedangkan secara praktis, hasil penelitian diharapkan menjadi solusi aplikatif bagi PT. Pelangi Indokarya serta sebagai referensi bagi perusahaan manufaktur lain yang menghadapi permasalahan dalam pengembangan mobilisasi internal yang serupa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop* menggunakan metode ulrich?
2. Bagaimana analisis kekuatan struktur pada *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop*?
3. Bagaimana rencana anggaran biaya pada perancangan *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui rancangan desain *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop* menggunakan metode ulrich.
2. Menganalisis kekuatan struktur *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop*.
3. Mengetahui rancangan anggaran biaya pada perancangan *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Secara teknis, membantu PT. Pelangi Indokarya dalam meningkatkan proses mobilisasi komponen antar *workshop* melalui penggunaan *transfer car* yang lebih baik.
2. Sebagai referensi dalam pengembangan sistem *material handling* yang lebih efisien dan berkelanjutan pada industri manufaktur.
3. Meningkatkan efisiensi mobilisasi komponen, mengurangi waktu siklus produksi, dan meminimalkan risiko kerusakan, sehingga mendukung produktivitas dan penghematan biaya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dibatasi pada perancangan *transfer car*, yang meliputi dimensi, kapasitas beban, dan mekanisme penggerak tanpa proses pembuatan pada prototipe.
2. Desain dan analisis kekuatan struktur dilakukan menggunakan *software Autodesk Fusion 360*.
3. Penelitian hanya menggunakan metode Ulrich dan analisis struktur menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)*, untuk optimalisasi desain agar efisien dalam proses manufaktur dan perakitan.
4. Penelitian ini tidak membahas sistem otomasi lanjutan, sistem kontrol, sistem rel dan lintasan, seperti *automated guided vehicle (AGV)*, sistem kendali berbasis sensor cerdas, maupun integrasi dengan sistem *Industry 4.0*.

5. Penelitian ini difokuskan pada perancangan *transfer car* untuk mobilisasi komponen dengan dimensi dan beban yang disesuaikan dengan kondisi serta kebutuhan operasional *workshop* PT. Pelangi di Medokan Semampir.
6. Luas bangunan *workshop* bagian barat adalah 528 m² dan *workshop* bagian timur sebesar 273 m².
7. Material stuktur utama *Transfer Car* menggunakan ASTM A36 dan struktur roda penyangga menggunakan ST 60/S45C
8. Beban SWL adalah 7 ton
9. Kualitas sambungan las diasumsikan telah memenuhi standar yang dipersyaratkan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan ini telah ditunjang oleh beberapa penelitian yang sudah ada sebelumnya. Penelitian tersebut ditunjukkan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode	Hasil
1.	Wang , dkk. (2022)	<i>Optimization of Internal Logistics Systems Using Automated Transfer Vehicles.</i>	Simulasi analisis sistem & value stream mapping.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa <i>Transfer car</i> mampu meningkatkan efisiensi logistik internal dan mengurangi waktu transportasi material. Dengan Peningkatan efisiensi 30-50%, reduksi waktu transportasi 25%.
2.	Ahmed Al-Farsi , dkk. (2020)	<i>Optimized Transfer Car Designs for Multi-Workshop Component Mobilization. International Journal of Production Research</i>	<i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa FEA mengurangi biaya operasional 22% dan waktu transfer komponen antar <i>workshop</i> melalui desain yang lebih ringan, tapi kurang efektif di layout kompleks.
3.	Li Wei (2021)	<i>Sustainable and Energy-Efficient Transfer Systems for Component Transfer in Manufacturing Facilities</i>	Analisis Life Cycle Assessment (LCA) dikombinasikan dengan prototipe elektrik <i>transfer car</i> dan pengujian lapangan di pabrik Cina.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem <i>transfer car</i> yang ramah lingkungan dan hemat energi untuk mobilisasi komponen antar <i>workshop</i> , dengan fokus pada pengurangan emisi. Sistem elektrik mengurangi konsumsi energi sebesar 25% dan emisi CO2 sebesar 20%

4.	Sari Indahwati (2023)	<i>Designing Transfer Car Systems for Component Mobilization in Indonesian Manufacturing Workshops</i>	Ulrich dan FEA menggunakan survei lapangan, analisis SWOT, dan model prototipe sederhana.	Hasil dari penelitian ini Merancang sistem <i>transfer car</i> khusus untuk mobilisasi komponen antar <i>workshop</i> di pabrik manufaktur Indonesia, dengan mempertimbangkan tantangan lokal seperti infrastruktur dan biaya. Sistem <i>transfer car</i> yang disesuaikan meningkatkan produktivitas sebesar 15%.
5.	David Kim & Collaborators (2022)	<i>Driven Optimization of Automated Transfer Cars in Inter-Workshop Operations</i>	Pengembangan algoritma machine learning (reinforcement learning) dan simulasi virtual reality untuk pengujian di <i>workshop</i> otomotif AS.	Hasil dari penelitian ini Menggunakan kecerdasan buatan (AI) untuk mengoptimalkan <i>transfer car</i> otomatis dalam mobilisasi komponen antar <i>workshop</i> , meningkatkan adaptabilitas terhadap perubahan produksi dengan efisiensi routing sebesar 30%, namun membutuhkan data pelatihan yang ekstensif dan rentan terhadap kesalahan algoritma.

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

2.2 Alat Angkut

Dalam sistem produksi industri, penggunaan pesawat angkat dan angkut berperan sebagai elemen pendukung utama yang berfungsi untuk memfasilitasi pemindahan material serta meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksi. Pesawat angkat dan angkut merupakan bagian penting dalam *material handling* yang berfungsi untuk memindahkan material secara efisien guna mendukung kelancaran proses produksi industri (Groover, 2016). Berbeda dengan alat transportasi yang memindahkan muatan dengan jarak yang cukup jauh, alat angkut umumnya hanya digunakan untuk memindahkan bahan pada jarak tertentu.

Dalam sistem *material handling*, mekanisme alat angkut berfungsi untuk

memindahkan dan mendistribusikan material secara terkontrol antar area produksi, termasuk pengangkutan produk jadi menuju area *assembly*. Salah satu bentuk alat angkut yang umum digunakan untuk kebutuhan tersebut adalah *transfer car*, yaitu sistem pemindah material berpandu lintasan yang dirancang untuk mengangkut beban secara stabil dan berulang pada jalur tertentu, khususnya pada lingkungan produksi dengan tata letak *workshop* yang saling berdekatan.

2.3 Transfer Car

Transfer car merupakan salah satu peralatan *material handling* yang dirancang untuk memindahkan material atau komponen secara horizontal pada lintasan tetap di lingkungan industri. *Transfer car* umumnya digunakan untuk mengangkut beban berat antar area produksi, gudang, maupun *workshop* secara efisien dan aman. Dibandingkan dengan penggunaan *forklift*, *transfer car* memiliki keunggulan dalam menjaga stabilitas beban, serta meningkatkan keselamatan kerja karena bergerak pada jalur yang telah ditentukan. Selain itu, *transfer car* mampu beroperasi secara berulang dengan kapasitas angkut yang besar sehingga banyak diterapkan pada industri manufaktur, baja, otomotif, maupun perkapalan. Menurut Demag Cranes & Components GmbH (2022), *transfer car* merupakan kendaraan industri yang digunakan untuk memindahkan material berat pada lintasan tetap dengan memanfaatkan sistem penggerak listrik sehingga mampu meningkatkan efisiensi proses *material handling*.



Gambar 2.1 *Transfer Car* (Demag Cranes & Components GmbH, 2022)

Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1, Prinsip kerja *transfer car* dimulai dari energi listrik yang digunakan untuk menggerakkan motor listrik sebagai sumber tenaga utama. Putaran motor kemudian diteruskan menuju *gearbox* untuk menurunkan putaran sekaligus meningkatkan torsi sehingga sesuai dengan kebutuhan operasi. Selanjutnya, daya dari *gearbox* diteruskan melalui sistem transmisi menuju poros dan roda penggerak sehingga *transfer car* dapat bergerak di atas lintasan sambil membawa beban menuju lokasi tujuan. Rangka *transfer car* berfungsi sebagai struktur utama yang menopang seluruh komponen penyusun serta beban muatan selama proses operasi. Fungsi utama *transfer car* adalah mengurangi beban kerja fisik manusia, meningkatkan kecepatan perpindahan material, serta menurunkan risiko kecelakaan kerja dengan meminimalkan interaksi manusia secara langsung dengan beban berat.

2.4 Komponen Pada *Transfer Car*

Transfer car sebagai bagian dari sistem *material handling* tersusun atas beberapa komponen utama dan komponen penunjang yang saling terintegrasi untuk memastikan proses pemindahan material dapat berlangsung secara aman, stabil, dan efisien. Setiap komponen memiliki fungsi spesifik yang mendukung kinerja keseluruhan *transfer car* sebagai berikut.

2.4.1 *Frame* (Rangka Utama)

Rangka utama merupakan struktur dasar *transfer car* yang berfungsi sebagai penopang utama seluruh komponen penyusun *transfer car*, termasuk sistem penggerak, mekanisme transmisi, serta beban muatan yang diangkut. Oleh karena itu, rangka umumnya menggunakan material baja struktural yang memiliki kekuatan, kekakuan, dan stabilitas yang baik sehingga mampu menahan pembebanan selama proses operasi. Menurut Sarath dkk. (2021), perancangan rangka pada sistem transportasi industri harus memperhatikan analisis terhadap beban statis maupun dinamis agar tegangan dan deformasi yang terjadi tidak melebihi batas kemampuan material. Dalam proses perancangannya, pemilihan profil rangka dilakukan berdasarkan kebutuhan modulus penampang minimum yang diperoleh melalui analisis pembebanan. Sebelum menentukan nilai modulus

penampang tersebut, terlebih dahulu dihitung beban yang bekerja pada struktur, meliputi berat komponen penyusun *transfer car* dan beban muatan yang akan diangkut. Besarnya pembebanan yang bekerja pada rangka dapat dihitung menggunakan persamaan 2.1.

$$W = m \times g \quad (2.1)$$

Dimana :

W = Gaya (N)

m = Berat beban (kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2) ($9,81m/s^2$)

Setelah mendapatkan nilai gaya pembebanan selanjutnya dapat menghitung beban desain yang terjadi. Beban desain dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$P_{desain} = W \times N \quad (2.2)$$

Dimana:

P_{desain} = Beban desain (N)

F = Gaya pembebanan (N)

N = Faktor koreksi pembebanan

2.4.2 Sistem Roda

Sistem roda merupakan salah satu komponen utama pada *transfer car* yang berfungsi menopang beban kendaraan dan muatan sekaligus meneruskan gaya gerak dari sistem transmisi sehingga *transfer car* dapat bergerak di atas lintasan. Kinerja sistem roda sangat memengaruhi stabilitas, kapasitas angkut, serta kelancaran proses perpindahan material. Oleh karena itu, pemilihan diameter roda harus disesuaikan dengan kapasitas angkut dan kecepatan operasi *transfer car*.

Pada *transfer car*, roda umumnya dibuat dari material baja atau baja cor karena memiliki kekuatan mekanik, ketahanan aus, dan kemampuan menahan beban yang tinggi. Selain material, diameter roda juga menjadi parameter penting karena memengaruhi gaya traksi, torsi yang dibutuhkan, serta putaran roda. Semakin besar diameter roda, maka putaran roda akan semakin rendah

untuk kecepatan linier yang sama, namun torsi yang diperlukan akan semakin besar. Sebaliknya, diameter roda yang lebih kecil menghasilkan putaran yang lebih tinggi dengan kebutuhan torsi yang lebih rendah.

- Gaya Traksi

Gaya traksi merupakan gaya yang dihasilkan oleh roda penggerak untuk menggerakkan *transfer car* beserta beban yang diangkut. Besarnya gaya traksi dipengaruhi oleh berat total kendaraan dan hambatan gulir (*rolling resistance*) antara roda dan lintasan. Pada lintasan datar, gaya traksi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 (Shigley et al., 2015).

$$F_t = \mu \times W \quad (2.3)$$

Dimana:

F_t = gaya traksi (N)

μ = koefisien hambatan gulir

W = berat total *transfer car* dan beban (N)

2.4.3 Sistem Penggerak

Sistem penggerak berfungsi menghasilkan dan meneruskan daya dari motor menuju roda penggerak sehingga *transfer car* dapat bergerak sesuai kebutuhan operasional. Sistem ini terdiri atas motor listrik, *gearbox*, sistem transmisi, poros, dan *bearing* yang saling terintegrasi dalam menyalurkan daya dan torsi. Oleh karena itu, pemilihan setiap komponen harus disesuaikan dengan kapasitas beban dan kondisi operasi *transfer car* (Sularso & Suga, 2004).

2.4.3.1 Motor Listrik

Motor adalah sumber tenaga untuk penggerak suatu mesin, putaran yang dihasilkan motor akan ditransmisikan menuju *gearbox* untuk

memutarkan poros pencetak atau ekstruder. Motor Listrik memiliki dua jenis arus yaitu:

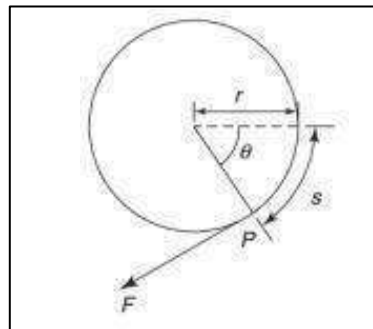
1. DC (*Direct Current* atau arus searah).

Direct Current (DC) adalah arus listrik yang gerakannya menjadi satu arah. Arus ini keluar dari kutub positif menuju ke kutub negatif. Arus *Direct Current* (DC) dapat dihasilkan oleh sumber arus searah. Contoh sumber arus searah antara lain, elemen volta, elemen daniel, dan akumulator.

2. AC (*Alternative Current* atau arus bolak-balik).

Alternative Current (AC) adalah arus Listrik yang arah alirannya senantiasa berbalik arah secara periodik. Pembalikan arah aliran arus secara periodik ini terjadi sangat cepat dalam bentuk frekuensi.

Motor Listrik berfungsi sebagai sumber penggerak yang digunakan untuk menggerakkan putaran poros pada sistem. Penggunaan dari motor Listrik ini disesuaikan dengan kebutuhan daya mesin tersebut. Aliran motor Listrik yaitu daya yang diperlukan dalam proses. Putaran poros yang dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Torsi (Khurmi & Gupta, 2005)

Untuk menghitung daya keluaran motor listrik, hitung terlebih dahulu torsi yang dihasilkan saat mesin berputar, untuk menghitung torsi menurut (Khurmi & Gupta, 2005) dapat menggunakan Persamaan 2.4.

$$\tau = F \times r \quad (2.4)$$

Dimana:

τ : Momen puntir atau torsi (Nmm)

F : Gaya (N)

r : Radius poros (mm)

Gaya berat (W) merujuk pada gaya berat yang dibutuhkan untuk mendukung kerja torsi. Besarnya gaya berat tersebut dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 yang telah dijelaskan sebelumnya. Selanjutnya, langkah berikutnya adalah menghitung kecepatan putaran roda (RPM) yang digerakkan oleh motor, di mana nilai kecepatan putaran ini dapat ditentukan melalui Persamaan 2.5 (Rudenko N., 2012) :

$$N = \frac{v \cdot 60}{\pi D} \quad (2.5)$$

Dimana:

N = Kecepatan putaran roda

v = Kecepatan linier pengangkatan (m/s)

D = Diameter roda

Menurut (Groover, M. P., 2016) daya motor dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$P = \frac{F_t \times v}{1000} \quad (2.6)$$

P = Daya motor (kW)

F_t = Gaya traksi (N)

v = Kecepatan linier pengangkatan (m/s)

Apabila memperhitungkan efisiensi sistem transmisi, maka daya motor dihitung menggunakan Persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$P = \frac{p}{\text{efficiency (90\%)}} \quad (2.7)$$

Dimana :

P = Perencanaan daya motor (watt)

Efficiency = Efisiensi motor listrik

p = Daya motor (watt)

Menurut (Sularso & Suga, 2004), perencanaan daya motor dengan mempertimbangkan faktor koreksi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$P_d = f_c \times P_c \quad (2.8)$$

Dimana:

P_d : Perencanaan daya motor (Watt)

f_c : Faktor koreksi (1 – 1,5)

P : Daya motor (Watt)

2.4.3.2 *Gearbox*

Gearbox adalah perangkat mekanis yang berfungsi untuk menaikkan torsi dan menurunkan putaran (RPM) dari sumber penggerak mesin untuk memenuhi kebutuhan torsi dan putaran (RPM) mesin. *Gearbox* terdiri dari beberapa roda gigi dengan ukuran yang berbeda-beda, yang disusun untuk menghasilkan kecepatan putaran keluar sesuai yang diinginkan. Roda gigi dalam *gearbox* mengalirkan tenaga dari satu poros ke poros lain. Besar torsi yang diteruskan tergantung pada jumlah gigi dan ukuran roda giginya, semakin banyak gigi dan besar diameternya, semakin tinggi torsi dan semakin rendah RPM-nya. *Gearbox* memiliki dua poros utama, yaitu poros input yang terhubung ke mesin penggerak dan poros output yang menghasilkan torsi dan RPM sesuai kebutuhan.

Dalam *transfer car*, *gearbox* ditempatkan di antara motor listrik dan roda penggerak atau poros penggerak. *Gearbox* memungkinkan motor beroperasi pada kecepatan nominalnya, sementara kecepatan keluaran disesuaikan dengan kebutuhan operasional lintasan *transfer car*. Selain itu, *gearbox* juga berfungsi meningkatkan efisiensi transmisi daya dan memperpanjang umur pakai motor dengan mengurangi beban kerja langsung (Shigley, dkk., 2015). Rasio *gearbox* merupakan perbandingan antara kecepatan putar poros masuk dan poros keluar, yang dapat dinyatakan pada persamaaan 2.9 sebagai berikut:

$$i = \frac{n_{in}}{n_{out}} \quad (2.9)$$

Dimana:

i = rasio *gearbox*

n_{in} = putaran poros masuk (rpm)

n_{out} = putaran poros keluar (rpm)

2.4.3.3 Sistem Transmisi Rantai dan Sprocket

Sistem transmisi rantai dan sprocket merupakan salah satu sistem transmisi mekanis yang berfungsi meneruskan daya dan torsi dari poros penggerak menuju poros yang digerakkan melalui hubungan antara sprocket dan rantai. Dibandingkan dengan sistem transmisi sabuk, transmisi rantai memiliki keunggulan berupa tidak terjadinya slip, kemampuan mentransmisikan torsi yang lebih besar, serta efisiensi transmisi yang tinggi. Oleh karena itu, sistem ini banyak digunakan pada mesin industri, *conveyor*, maupun peralatan *material handling* yang memerlukan perpindahan daya secara stabil dan kontinu (Sularso & Suga, 2004).

Pada *transfer car*, sistem transmisi rantai dan sprocket berfungsi meneruskan putaran dari *gearbox* menuju poros roda penggerak sehingga roda dapat menggerakkan *transfer car* sesuai dengan kecepatan operasi yang direncanakan. Kinerja sistem transmisi dipengaruhi oleh kesesuaian spesifikasi rantai dan sprocket terhadap daya motor, putaran keluaran *gearbox*, torsi yang ditransmisikan, serta kondisi pembebanan selama operasi. Oleh karena itu, pemilihan komponen transmisi harus dilakukan secara tepat agar sistem mampu bekerja secara aman, efisien, dan memiliki umur pakai yang panjang.

Pada penelitian ini, pemilihan rantai dan sprocket tidak dilakukan melalui perancangan detail, melainkan mengacu pada katalog pabrikan berdasarkan kebutuhan daya motor, putaran

keluaran *gearbox*, rasio transmisi, dan kapasitas beban *transfer car*. Pendekatan ini dipilih karena rantai dan sprocket merupakan komponen standar (*standard mechanical components*) yang telah diproduksi sesuai standar internasional sehingga spesifikasi teknisnya telah ditentukan oleh pabrikan. Dengan demikian, proses pemilihan komponen dilakukan berdasarkan kesesuaian spesifikasi terhadap kebutuhan sistem penggerak *transfer car*.

2.4.3.4 Poros

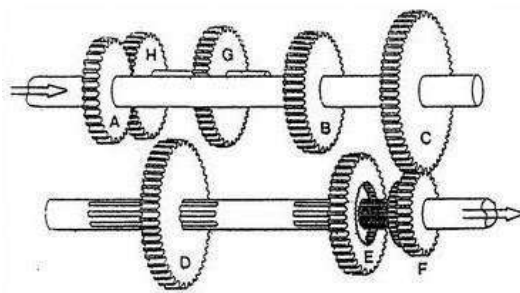
Poros adalah komponen yang terpenting karena setiap mesin membutuhkan poros. Fungsi utama poros adalah untuk mentransfer daya, melakukan putaran, dan menahan beban (Sularso, 2004).

1) Macam-Macam Poros

Poros memiliki banyak macam variasi untuk mentransmisikan daya. Poros transmisi daya bervariasi tergantung pada jenis beban yang diterimanya. Berikut adalah contohnya:

A. Poros Transmisi

Poros ini menerima beban puntir lentur, daya dikirim ke poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk, atau sproket rantai. Gambar 2.3 menunjukkan ilustrasi poros transmisi:



Gambar 2.3 Poros Transmisi (www.blog.mesin77.com)

B. Spindel

Poros transmisi yang memiliki panjang relatif pendek, seperti poros utama pada mesin perkakas, menggunakan

puntiran, atau spindel, untuk memenuhi persyaratan dimensi yang presisi dan deformasi yang kecil. Gambar 2.4 menunjukkan contoh spindel:



Gambar 2.4 Poros Spandel (www.id.made-in-china.com)

C. Gandar

Poros yang dipasang di antara roda-roda kereta barang, dimana tidak menerima beban putaran, bahkan terkadang tidak boleh berputar sama sekali, disebut gandar. Gandar ini hanya menerima beban lentur kecuali saat digerakkan oleh penggerak awal, dimana saat itu akan mengalami beban puntir juga. Bentuk dari gandar dapat dilihat pada Gambar 2.5 sebagai berikut:



Gambar 2.5 Poros Gandar (www.parts.cat.com)

2) Material Poros

Baja karbon (baja karbon), yang biasanya disebut sebagai baja S-C dan ditunjukkan pada Tabel 2.2 dengan perlakuan panas untuk mencapai kekuatan tarik tertentu, biasanya digunakan untuk membuat poros. Selain itu, poros yang dirancang untuk mentransmisikan putaran yang cukup tinggi dan menanggung beban yang berat biasanya dibuat

dengan baja paduan.

Tabel 2.2 Baja S-C

Standar dan macam bahan	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon Konstruksi mesin (JIS G4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	-	52	
	S40C	-	55	
	S45C	-	58	
	S50C	-	62	
	S55C	-	66	
Batang baja	S35C-D	-	53	Ditarik
Yang difinis	S45C-D	-	60	dingin,
Dingin	S55C-D	-	72	digerinda, dll

3) Momen Puntir Rencana

Gaya yang membuat benda dapat berputar disebut momen puntir. Untuk mendapatkan daya dalam daya kuda (Hp), daya harus dikalikan dengan 9,74, sehingga momen puntir diperoleh dengan persamaan 2.10 sebagai berikut (Sularso, 2004):

$$\tau = 9,74 \times 10^5 \frac{N}{n} \quad (2.10)$$

Dimana :

T : momen torsi (kg/mm)

N : daya motor penggerak (kW)

n : putaran poros yang ditransmisikan (rpm)

4) Tegangan Geser yang Diizinkan

Untuk menghitung tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²), dapat digunakan persamaan 2.11 sebagai berikut (Sularso, 2004):

$$\tau_a = \frac{\sigma_B}{Sf1 \times Sf2} \quad (2.11)$$

Dimana :

τ_a : Tegangan geser yang diizinkan (kg/mm²)

σ_b : Kekuatan tarik (kg/mm²)

Sf_1, Sf_2 : Faktor keamanan

Tegangan geser yang diizinkan pada poros dapat dihitung menggunakan batas kelelahan puntir dari kekuatan tarik (sesuai dengan standar ASME). Selanjutnya untuk nilai 18% ini faktor keamanan diambil sebesar $1/0,18 = 5,6$. Nilai 5,6 ini diambil untuk material SF sedangkan nilai 6,0 diambil untuk material S-C dan baja paduan. Faktor ini dinyatakan dengan Sf_1 . Kemudian peninjauan ulang dilakukan guna memastikan apakah poros akan diberi alur pasak atau dibuat bertangga, karena akan memberikan pengaruh konsentrasi yang cukup besar. Pengaruh kekerasan permukaan juga harus dijadikan perhatian. Faktor ini dinyatakan dengan Sf_2 yang berkisar antara 1,3 sampai 3,0.

5) Diameter Poros

Rumus untuk menghitung diameter poros d_s dapat diketahui dari persamaan sebagai berikut (Sularso, 2004):

$$d_s = \left(\frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times K_m \times T \right)^{1/3} \quad (2.12)$$

Dimana :

d_s : diameter poros (mm)

T : daya rencana atau momen torsi (kg/mm)

τ_a : tegangan geser yang diijinkan (kg/mm²)

K_t : faktor koreksi momen puntir

(1: beban dikenakan secara halus)

(1-1,5: terjadi sedikit kejutan atau tumbukan)

(1,5-3: beban dengan kejutan atau tumbukan besar)

K_m : faktor koreksi momen lentur

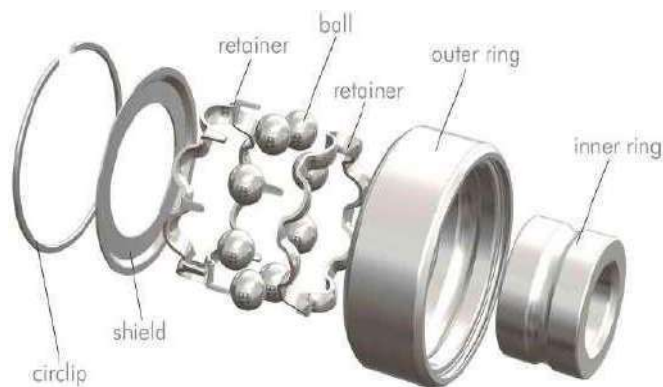
(1,5: pembebanan momen lentur tetap)

(1,5-2: beban dengan tumbukan ringan)

(2-3: beban dengan tumbukan berat)

2.4.3.5 Bearing

Bearing adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan berumur panjang. *Bearing* harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja dengan baik (Sularso & K. Suga, 2004). Struktur dari sebuah *bearing* dapat dilihat pada Gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Struktur *Bearing* (Sularso & K. Suga, 2004)

Pada *bearing* juga terdapat gaya yang harus di cari, mencari nilai X dan Y berdasarkan gaya radial dan aksial *bearing* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 berikut:

Tabel 2.3 Nilai X dan Y Berdasarkan Gaya Radial dan Aksial *Bearing*

Type of bearing	Specifications	$\frac{W_A}{W_R} \leq e$		$\frac{W_A}{W_R} > e$		e
		X	Y	X	Y	
Deep groove ball bearing	$\frac{W_A}{C_0} = 0.025$	1	0	0.56	2.0	0.22
	$= 0.04$				1.8	0.24
	$= 0.07$				1.6	0.27
	$= 0.13$				1.4	0.31
	$= 0.25$				1.2	0.37
Angular contact ball bearings	$= 0.50$				1.0	0.44
	Single row	1	0	0.35	0.57	1.14
	Two rows in tandem		0	0.35	0.57	1.14
	Two rows back to back		0.55	0.57	0.93	1.14
	Double row		0.73	0.62	1.17	0.86
Self-aligning bearings	Light series : for bores	1	1.3	6.5	2.0	0.50
	10 – 20 mm				2.6	0.37
	25 – 35				3.1	0.31
	40 – 45				3.5	0.28
	50 – 65				3.8	0.26
	70 – 100		2.4		3.5	0.28
	105 – 110		2.3			
	Medium series : for bores	1	1.0	0.65	1.6	0.63
	12 mm		1.2		1.9	0.52
	15 – 20		1.5		2.3	0.43
	25 – 50		1.6		2.5	0.39
Spherical roller bearings	For bores :	1	2.1	0.67	3.1	0.32
	25 – 35 mm				3.7	0.27
	40 – 45		2.5		4.4	0.23
	50 – 100		2.9		3.9	0.26
Taper roller bearings	100 – 200		2.6			
	For bores :	1	0	0.4	1.60	0.37
	30 – 40 mm				1.45	0.44
	45 – 110				1.35	0.41
	120 – 150					

Sumber: Khurmi & Gupta, 2005

Kemudian untuk menentukan nilai *service factor* dimana akan berpengaruh pada perhitungan beban *equivalent*, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.4 berikut:

Tabel 2.4 Nilai *Service Factor Ball Bearing*

No.	Type of service	Service Factor (Ks) Ball Bearings
1	Beban stabil dan sama	1,0
2	Beban kejut dan ringan	1,5
3	Beban kejut sedang	2,0
4	Beban kejut berat	2,5
5	Beban kejut ekstrim	3,0

Kemudian menurut (Khurmi & Gupta, 2005) beban *equivalent* yang terdapat pada *bearing* tersebut dapat dihitung. Adapun rumus untuk mencari beban *equivalent* dari *bearing* tersebut dapat dilihat pada Persamaan 2.13 berikut:

$$P = K_s [(X \cdot V \cdot W_r) + (Y \cdot W_a)] \quad (2.13)$$

Dimana :

P : beban *ekuivalen*, lbf

W_r : beban radial, lbf

W_a : beban aksial, lbf

W : konstanta radial

X : konstanta aksial

V : faktor putaran (konstan)

1 untuk semua jenis *bearing* dalam yang berputar

1,2 untuk semua jenis *bearing* luar yang berputar

K_s : *Service factor*

2.5 Klasifikasi Pemilihan Material

Pertimbangan dan perencanaan dalam pemilihan material harus disesuaikan dengan kebutuhan, dan juga disesuaikan dengan biaya yang ekonomis, karena material merupakan bagian terpenting dalam terciptanya suatu rangka.

Pemilihan material yang tidak sempurna juga mengakibatkan kapasitas penjualan yang buruk atau pengambilan atas produk. Proses pemilihan material untuk komponen mengikuti langkah-langkah berikut:

- a. Mengidentifikasi persyaratan desain
- b. Mengidentifikasi kriteria pemilihan bahan
- c. Identifikasi material kandidat
- d. Mengevaluasi material kandidat
- e. Pemilihan material

Untuk menentukan jenis material yang tepat dalam suatu bagian rangka, pemahaman akan sifat-sifat material sangat dibutuhkan. Pada *transfer car* Material struktur utama *transfer car* menggunakan ASTM A36. Dan material struktur roda penyangga *transfer car* menggunakan ST 60/S45C. Berikut material yang digunakan dalam perancangan *transfer car* :

2.5.1 Material Baja ASTM A36

Material yang digunakan pada rangka *transfer car* ini adalah ASTM A36 dengan *mechanical properties* dari *material* tersebut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.5 berikut:

Tabel 2.5 ASTM A36 *Steel Physical Properties and Mechanical Properties*

Material = ASTM A36 (Structural Carbon SteelS)	
Physical Properties	Metric
Density	7,85 g/cm ³
Mechanical Properties	Metric

Tensile Strength, Ultimate(σ_u)	400-550 Mpa
Tensile Strength, Yield(σ_y)	250 Mpa
Elongation at Break (in 200 mm)	20,0%
Elongation at Break (in 50 mm)	23,0%
Modulus of Elasticity(E)	200 Gpa
Bulk Modulus (typical for steel)	140 Gpa
Poissons Ratio(n)	0,26
Shear Modulus(G)	79,3 GPa

Sumber: www.theworldmaterial.com

Dimana :

σ_u = *Ultimate strength*, merupakan tegangan maksimum dari suatu material dapat menahan saat sedang diregangkan atau ditarik sebelum terjadinya patah.

σ_y = *Yield strength*, merupakan tegangan luluh. Tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Titik awal sebuah material terdeformasi secara plastis.

E = *Elastic*, kecenderungan bahan padat atau material untuk kembali ke bentuk semula setelah terdeformasi.

ϵ = *Elongation*, atau biasa dikenal dengan sebutan regangan.

n = *Poissons ratio*, merupakan konstanta elastisitas yang dimiliki oleh setiap material. Sebuah material yang diberikan gaya satu arah, ditarik maupun ditekan, akan mengalami perubahan bentuk.

K = *Bulk modulus*, menjelaskan elastisitas volumetrik, atau kecenderungan suatu benda untuk berubah bentuk ke segala arah ketika diberi tegangan seragam ke segala arah.

G = *Shear modulus*, modulus elastisitas dengan regangan berupa regangan geser yang menunjukkan pergerakan benda yang saling bergesekkan.

2.5.2 Material ST 60/S45C

Material merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan *transfer car* karena berpengaruh langsung terhadap kekuatan struktur, keandalan operasi,

umur pakai, serta efisiensi proses manufaktur dan perakitan. Pada penelitian ini, material yang digunakan sebagai acuan perancangan struktur roda penyangga *transfer car* menggunakan ST 60/S45C.

ST 60 merupakan baja karbon menengah yang banyak digunakan pada konstruksi mesin dan struktur yang memerlukan kekuatan mekanik cukup tinggi. Material ini memiliki kandungan karbon sekitar 0,45% sehingga mampu memberikan kombinasi yang baik antara kekuatan, ketangguhan, dan kemudahan pengerjaan. Dalam standar internasional, ST 60 memiliki kesetaraan dengan baja S45C (JIS G4051) yang umum digunakan dalam aplikasi komponen mesin dan struktur rangka.

Baja S45C memiliki sifat mekanik yang baik, antara lain kekuatan tarik yang relatif tinggi, ketahanan terhadap beban statis maupun dinamis, serta kemampuan menerima perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material. Kekuatan tarik material S45C berada pada kisaran 570–700 MPa, dengan tegangan luluh sekitar 340–490 MPa, tergantung pada kondisi material dan perlakuan panas yang diterapkan. Sifat tersebut menjadikan material ini cocok digunakan sebagai rangka utama *transfer car* yang harus menahan beban komponen selama proses mobilisasi antar *workshop*.

Selain memiliki sifat mekanik yang baik, ST 60/S45C juga mudah diproses melalui pengerjaan pemesinan, seperti pembubutan, pengeboran, dan frais, serta dapat ditingkatkan kekerasannya melalui proses perlakuan panas (*heat treatment*). Material ini juga memiliki ketersediaan yang cukup luas di pasaran sehingga memudahkan proses pengadaan dan mendukung efisiensi biaya manufaktur.

Dalam perancangan *transfer car*, penggunaan material ST 60/S45C diharapkan mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan struktur dan efisiensi biaya. Material ini dipilih untuk memastikan bahwa rangka *transfer car* memiliki faktor keamanan yang memadai terhadap beban kerja yang direncanakan, sekaligus tetap memenuhi kebutuhan operasional industri manufaktur. Oleh karena itu, ST 60/S45C menjadi material yang relevan dan sesuai untuk digunakan sebagai

dasar perancangan struktur *transfer car* pada penelitian ini, khususnya dalam mendukung mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya.

Tabel 2.6 Sifat Mekanik Material ST 60 / S45C

No.	Parameter Sifat Mekanik	Nilai	Satuan
1.	Kekuatan tarik (Ultimate Tensile Strength)	570–700	MPa
2.	Tegangan luluh (Yield Strength)	340–490	MPa
3.	Modulus elastisitas (E)	200	GPa
4.	Regangan putus	16–20	%
5.	Kekerasan (Brinell)	170–210	HB
6.	Massa jenis	7,85	g/cm ³

Sumber: JIS G4051, 2011; Groover, 2016; Callister dan Rethwisch, 2018

2.6 Jenis - Jenis Pembebanan

Setiap struktur akan menerima pembebanan selama masa operasinya. Faktor yang mempengaruhi besar defleksi pada batang sesuai dengan jenis beban yang diterapkannya.

Klasifikasi beban tersebut menjadi dasar dalam analisis kekuatan struktur untuk memastikan *transfer car* mampu beroperasi secara aman sesuai beban rencana. Beban ini dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu beban terpusat dan beban merata:

2.6.1 Beban Terpusat

Pembebanan yang diberikan secara terpusat dan berada pada suatu titik dari suatu material. Rumus untuk momen maksimal pada beban terpusat dapat dilihat pada persamaan berikut (Khurmi and Gupta, 2005) :

$$M_{maks} = \frac{PxL}{4} \quad (2.14)$$

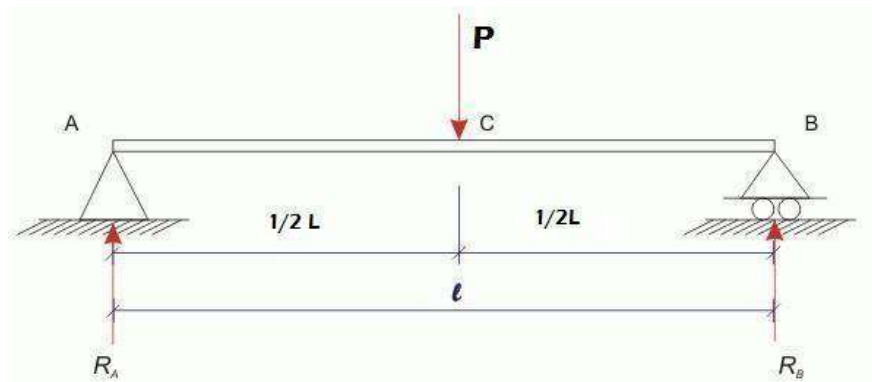
dimana :

Mmaks : Momen maksimal (N/mm)

P : Gaya (N)

L : Panjang span yang tidak ditumpu (mm)

Untuk mengetahui gambar dari pembebanan terpusat dapat dilihat pada Gambar 2.7 sebagai berikut:



Gambar 2.7 Pembebanan terpusat (www.sarastiana.com)

2.6.2 Beban Merata

Beban merata karena didistribusikan merata sepanjang batang, dengan simbol q (kg/m atau kN/m). Rumus untuk momen maksimal pada beban merata suatu batang dengan tumpuan sederhana di kedua ujungnya dapat dilihat pada persamaan 2.15 berikut (Khurmi and Gupta, 2005) :

$$M_{maks} = \frac{q \times l^2}{8} \quad (2.15)$$

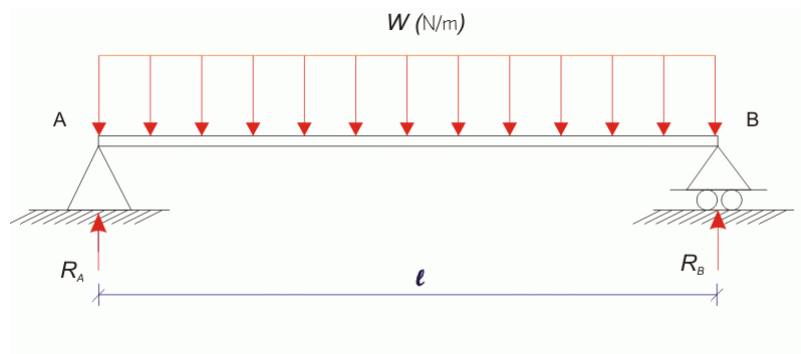
Dimana :

Mmax : Momen maksimal (N/mm)

q : berat profil (N/mm)

L : Panjang span yang tidak ditumpu (mm)

Ilustrasi dari pembebanan merata dapat dilihat pada Gambar 2.8 sebagai berikut:



Gambar 2.8 Pembebanan Merata (www.sarastiana.com)

2.7 Analisis Struktur

Untuk menganalisa suatu struktur harus memperhatikan tegangan, regangan dan deformasi yang terjadi. Hal-hal yang perlu di hitung dalam perencanaan meliputi:

2.7.1 Momen

Momen didapatkan dari hasil gaya dikali panjang lengan, momen pada penelitian ini berfungsi untuk mencari tegangan dan defleksi, rumus momen sesuai persamaan sebagai berikut. (Setiawan MP., 2022)

$$\sum M = (F \times L) \quad (2.16)$$

Dimana :

M = Momen (N.m)

F = Gaya (N)

L = Panjang lengan (m)

Setelah momen pada profil diketahui, selanjutnya dilakukan validasi dengan cara menghitung perseimbangan antara gaya aksi dan reaksi sesuai dengan persamaan sebagai berikut. (Setiawan MP., 2022)

$$F = R \quad (2.17)$$

Dimana :

F = Total gaya (N)

R = Total reaksi (N)

2.7.2 Momen Inersia

Menurut Maulana (2012) momen inersia adalah kelembaman suatu

benda yang berotasi, yang dirotasikan terhadap sumber tertentu. Momen inersia (I) adalah suatu besaran yang memperlihatkan tentang usaha suatu sistem benda untuk menentang gerak rotasinya. Titik berat pada benda balok dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut.(Setiawan MP., 2022)

$$I = \frac{B \times H^3}{12} \quad (2.18)$$

Dimana :

I = Inersia

B = Lebar profil

H = Tinggi profil

$$momen\ inersia = \frac{M_{maks} \times y}{\sigma} \quad (2.19)$$

2.7.3 Modulus Penampang Minimum

Modulus penampang menunjukkan kemampuan penampang menahan momen lentur, semakin besar nilainya semakin besar kemampuan balok menahan momen. Modulus penampang *minimum* dihitung untuk menentukan profil yang kuat untuk menahan beban (Popov, 1984). Untuk mengetahui besarnya modulus yang dibutuhkan maka dapat menggunakan Persamaan 2.20.

$$Z = \frac{M_{maks}}{\sigma_{ijin}} \quad (2.20)$$

Dimana:

Z = Modulus penampang minimum (cm³)

M = Momen maksimal (N.mm)

σ_{ijin} = Tegangan ijin (MPa)

2.7.4 Tegangan

Tegangan ijin atau *allowable stress* adalah tegangan dapat diterima suatu material tanpa menyebabkan patah atau perubahan bentuk yang mengarah pada kerusakan, saat dipaparkan pada beban yang berlangsung tanpa batas waktu.

Pemilihan tegangan ijin sangat penting untuk menghitung dan mengevaluasi dimensi dari elemen mesin. Oleh karena itu, struktur yang direncanakan harus memenuhi batas tegangan yang diijinkan sebelum mencapai kegagalan, yang bergantung pada nilai faktor keamanan (*safety factor*, SF). Persamaan yang digunakan untuk menentukan tegangan sebagai berikut. (Setiawan MP., 2022)

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{Sf} \text{ (Mpa)} \quad (2.21)$$

Dimana:

σ_{ijin} = Tegangan ijin (N/mm²)

σ_y = Yield point (N/mm²)

Sf = Safety faktor (5)

Setelah tegangan ijin ditemukan, maka tegangan maksimal harus diperhitungkan untuk mengetahui kekuatan struktur yang digunakan. Menghitung Tegangan maksimal harus menghitung momen lentur terlebih dahulu menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$M_{maks} = \frac{q \times L^2}{8} \quad (2.22)$$

Dimana :

M_{maks} = Momen Lentur (N.mm)

q = Gaya (N)

l = Panjang span (mm)

Setelah momen lentur diketahui maka tegangan maksimal dapat diketahui menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\sigma_{maks} = \frac{M_{maks,y}}{I_x} \text{ (MPa)} \quad (2.23)$$

Dimana :

σ_{maks} = Tegangan maksimal (N/mm²)

M_{maks} = Momen Lentur (N.mm)

I = Momen inersia (mm⁴)

Y = Koordinat titik berat sumbu y (mm)

2.7.5 Defleksi

Defleksi merupakan perubahan bentuk pada balok dalam arah vertikal dan horizontal akibat adanya pembebanan yang diberikan pada balok atau batang, hingga membentuk sudut defleksi, kemudian kembali ke posisi semula.

Dalam PERMENAKER No. 8 Tahun 2020 Pasal 29:

(1) Batang penyangga yang menerima beban kerja maksimum pada bagian tengahnya, tidak boleh mengalami defleksi melebihi:

a. $1/888$ (satu per delapan ratus delapan puluh delapan) dikali panjang span untuk jenis tunggal, dan

b. $1/600$ (satu per enam ratus) dikali panjang span untuk jenis ganda.

Berdasarkan peraturan PERMENAKER No. 8 Tahun 2020, maka persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\delta_{ijin} = \frac{L}{888} \quad (2.24)$$

Dimana:

δ_{ijin} = Defleksi Ijin (mm)

L = Panjang lengan (mm)

Setelah defleksi ijin ditemukan, maka defleksi maksimal harus diperhitungkan untuk mengetahui kekuatan struktur yang digunakan.

Defleksi maksimal dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\delta_{maks} = \frac{P.L^3}{48.E.I} \quad (2.25)$$

Dimana :

δ_{maks} = Defleksi Maksimal (mm)

P = Beban (N)

L = Panjang span (mm)

E = Modulus elastisitas (N/mm^2)

I = Momen inersia (mm^4)

2.7.6 Safety Factor

Safety factor merupakan rasio antara tegangan tarik maksimum yang mampu ditahan oleh sebuah material dengan tegangan kerja yang diberikan

kepada material tersebut (Bansal, 2007). Secara sistematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$Safety Factor = \frac{Tegangan Tarik Maksimum}{Tegangan Ijin} \quad (2.26)$$

Dalam penelitian ini penentuan faktor keamanan mengacu pada Permenaker Nomor 8 Tahun 2020 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut. Berdasarkan peraturan tersebut, nilai faktor keamanan ditentukan sesuai jenis komponen dan kondisi pembebanan sehingga struktur memiliki tingkat keamanan yang memadai selama pengoperasian. Sehingga nilai faktor keamanan sebesar 5 digunakan sebagai dasar penentuan tegangan izin rangka *transfer car*. Pemilihan nilai tersebut didasarkan pada kebutuhan perancangan peralatan pemindah material yang mengutamakan aspek keselamatan, mengingat *transfer car* beroperasi dengan beban berat secara berulang di lingkungan industri. Standar ini diterapkan untuk memastikan keselamatan pada beban dinamis di *workshop* PT Pelangi Indokarya.

Safety factor digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum. Katalog *safety factor* akan dijelaskan pada tabel 2.7 berikut.

Tabel 2.7 *Safety Factor* Berdasarkan Kondisi

No	Kegunaan	Faktor Keamanan
1	Untuk bahan yang sesuai dengan penggunaan pada kondisi terkontrol dan tegangan yang bekerja dapat ditentukan dengan pasti.	1,25 – 1,5
2	Untuk bahan yang sudah diketahui, dan pada kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan dengan mudah.	1,5 – 2
3	Untuk bahan yang beroperasi secara rata-rata dengan Batasan beban yang diketahui.	2 – 2,25

4	Untuk bahan yang sudah diketahui kondisi beban, tegangan, dan kondisi lingkungan yang tidak pasti	3 – 4,5
---	---	---------

Sumber: Vidosic, 2010

Safety factor berdasarkan jenis bahan dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.8 *Safety Factor* Berdasarkan Jenis Bahan

Jenis beban	<i>Safety Factor</i>
Beban statis	1,25 – 2,0
Beban dinamis	2,0 – 3,0
Beban kejut	3,0 – 5,0

Sumber: Vidosic, 2010

2.8 Metode Ulrich

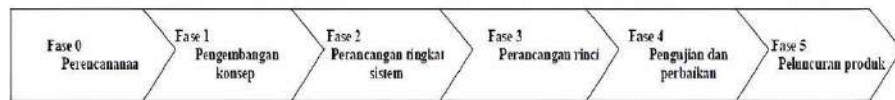
Perancangan dan pengembangan produk merupakan suatu proses sistematis yang dimulai dari identifikasi kebutuhan pasar hingga produk siap digunakan oleh konsumen. Proses ini mencakup tahap analisis pasar, perencanaan konsep produk, desain produk, pengembangan prototipe, pengujian, produksi massal, distribusi, dan pasca penjualan. Setiap tahap saling berkaitan dan bertujuan untuk memastikan produk yang dihasilkan memenuhi kebutuhan konsumen, berkualitas tinggi, serta kompetitif di pasaran.

Menurut Ulrich dan Eppinger (2001), Kesuksesan sebuah perusahaan dalam mengembangkan dan memproduksi suatu produk dapat diukur dari kemampuannya memenuhi kebutuhan pelanggan dan menghasilkan keuntungan. Produk yang sukses adalah produk yang tidak hanya mampu menjawab kebutuhan konsumen, tetapi juga ditawarkan dengan harga yang kompetitif. Jika harga terlalu tinggi, meskipun kualitas produknya baik, produk tersebut akan sulit diterima pasar. Sebaliknya, produk yang terlalu murah namun mengorbankan kualitas juga akan merugikan perusahaan dalam jangka panjang. Oleh karena itu, penentuan harga jual harus dilakukan dengan cermat, mempertimbangkan biaya produksi, daya beli konsumen, dan posisi produk di pasar (Ulrich & Eppinger, 2015).

2.8.1 Proses Perancangan dan Pengembangan Produk

Serangkaian kegiatan yang dilakukan secara terstruktur dan berurutan sebagai proses perancangan produk merupakan perancangan

produk (Ginting, 2010). Sedangkan menurut Ulrich dan Eppinger, Proses pengembangan produk adalah langkah-langkah yang mengubah bahan mentah menjadi produk akhir atau *output*. Dalam proses pengembangan produk pada umumnya melewati 6 tahap yaitu sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 Proses Pengembangan Produk (Ulrich & Eppinger, 2015)

1. Fase 0 (Perencanaan)

Fase nol merupakan tahap perencanaan awal dalam pengembangan produk. Pada tahap ini, tujuan utama produk didefinisikan secara jelas melalui sebuah pernyataan misi. Pernyataan misi ini menjadi landasan bagi keputusan-keputusan selanjutnya sebelum proyek resmi dimulai.

2. Fase 1 (Pengembangan Konsep)

Pada fase pertama pengembangan konsep, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan pasar atau pelanggan. Selanjutnya, berbagai alternatif konsep produk atau layanan akan dihasilkan dan dievaluasi secara mendalam. Dari proses evaluasi ini, akan dipilih satu atau beberapa konsep yang dianggap paling potensial untuk dikembangkan lebih lanjut. Konsep terpilih kemudian akan dijabarkan secara detail, mencakup aspek bentuk dan fungsinya.

3. Fase 2 (Perancangan Tingkat Sistem)

Fase ini bertujuan untuk merinci struktur produk secara menyeluruh. Mulai dari pembagian produk menjadi subsistem dan komponen, hingga visualisasi perakitan akhir produk. Hasil akhir dari fase ini adalah gambaran yang jelas tentang bentuk produk, fungsi setiap bagian, dan urutan proses perakitan.

4. Fase 3 (Perancangan Rinci)

Tahapan ini menghasilkan dokumen lengkap yang merinci setiap detail produk, mulai dari bentuk fisik, bahan baku, hingga

tingkat presisi yang dibutuhkan. Selain itu, komponen-komponen yang akan dibeli dari pemasok juga teridentifikasi secara jelas. Proses produksi, mulai dari persiapan bahan hingga perakitan akhir, direncanakan secara terperinci. Hasil akhir dari tahapan ini adalah serangkaian dokumen yang akan menjadi acuan dalam proses produksi, termasuk spesifikasi komponen, rencana produksi, dan prosedur pengendalian kualitas produk.

5. Fase 4 (Pengujian dan Perbaikan)

Tahap ini melibatkan pembuatan dan pengujian berbagai versi awal produk. Prototipe awal (alpha) dibuat dengan komponen yang mirip dengan produk akhir, namun proses pembuatannya lebih sederhana. Tujuannya adalah untuk memastikan produk berfungsi sesuai rencana dan memenuhi kebutuhan konsumen. Prototipe berikutnya (beta) dibuat dengan komponen yang sama seperti produk akhir, tetapi proses perakitannya belum final. Prototipe beta diuji oleh tim internal dan konsumen untuk mengidentifikasi masalah dan perbaikan yang diperlukan sebelum produksi massal.

6. Fase 5 (Peluncuran Produk)

Tahap awal produksi ini sering disebut sebagai tahap percontohan atau produksi percobaan. Dalam fase ini, sistem produksi yang sebenarnya digunakan untuk membuat produk. Tujuan utamanya adalah untuk menguji dan menyempurnakan proses produksi, serta melatih tenaga kerja dalam menghadapi tantangan yang mungkin muncul di tahap produksi massal. Produk yang dihasilkan pada tahap ini akan dievaluasi secara cermat untuk mengidentifikasi segala kekurangan sebelum produksi dilakukan secara besar-besaran. Proses peralihan dari tahap percontohan ke produksi massal dilakukan secara bertahap, dengan produk secara bertahap diluncurkan ke pasar (T. Ulrich & D. Eppinger, 2015).

2.8.2 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Untuk memahami kebutuhan konsumen dan dengan mudah mengkomunikasikan dengan tim pengembang maka perlu dibuat

penyusunan daftar kebutuhan. Penyusunan daftar kebutuhan ini berguna untuk memahami kegiatan konsumen dan mengkomunikasikan secara efektif kepada tim pengembang. Hal ini bertujuan untuk mewadahi seluruh pertanyaan pelanggan dengan rapi yang diatur dalam daftar secara hirarki. Dengan demikian, bobot – bobot penting disetiap kebutuhan konsumen tidak terlewat. Berikut adalah tabel penyusunan daftar kebutuhan yang ditunjukkan pada Tabel 2.9 (Ulrich & Eppinger, 2015).

Tabel 2.9 Tabel Daftar Kebutuhan

No	Daftar Kebutuhan			
	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab	

Keterangan:

S = Syarat H = Harapan

Terdapat beberapa tujuan dari identifikasi kebutuhan prlanggan yakni seperti mengoptimalkan produk agar sesuai dengan kebutuhan konsumen, untuk mencari tahu apa yang sebenarnya diinginkan konsumen tetapi tidak diutarakan, untuk tidak terjadinya lupa terhadap kebutuhan konsumen, Menjadi landasan untuk menentukan rincian produk, memberikan pemahaman kepada tim pengembang mengenai kebutuhan konsumen.

2.8.3 Penetapan Spesifikasi

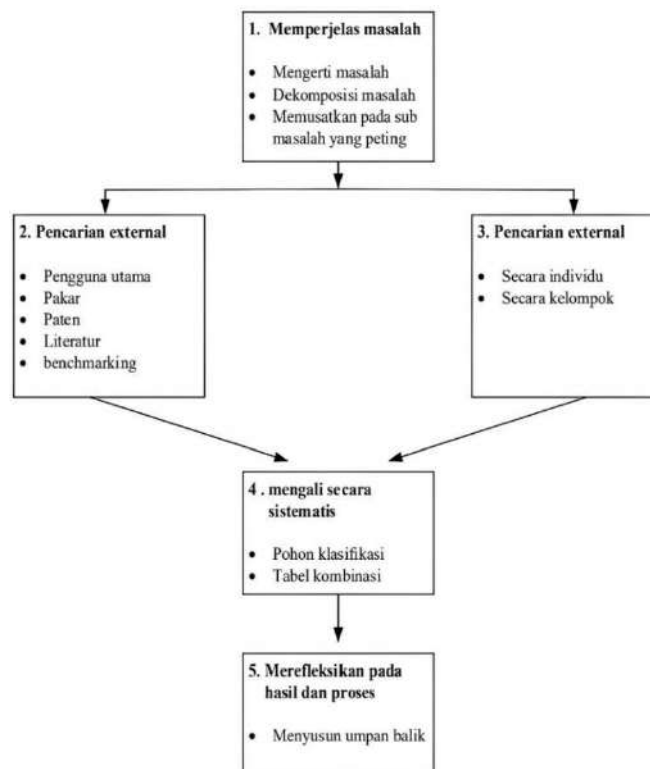
Penetapan spesifikasi merupakan hasil menerjemahkan kebutuhan konsumen secara teknis. Langkah ini memiliki *output* suatu daftar spesifikasi target yang melalui 3 langkah berikut:

1. Menyusun daftar metrik kebutuhan dengan tingkat prioritas yang ditentukan berdasarkan tingkat kepentingan dari kebutuhan yang diwakilinya.
2. Menghimpun data mengenai produk yang menjadi kompetitor serta mengintegrasikannya dengan tingkat kepuasan pelanggan yang telah menggunakan produk tersebut.

3. Menentukan nilai target yang ideal dan batas minimal yang dapat dicapai untuk setiap metrik (Ulrich & Eppinger, 2015).

2.8.4 Penyusunan Konsep

Konsep produk merupakan sebuah representasi dan perkiraan mengenai teknologi, prinsip operasional, serta desain produk. Proses pembuatan konsep produk bertujuan untuk memberikan gambaran umum tentang bagaimana sebuah produk dapat memenuhi kebutuhan dari konsumen. Konsep tersebut sering kali digambarkan dalam bentuk sketsa kasar. Adapun penyusunan konsep dimulai dengan mengidentifikasi kebutuhan pelanggan dan spesifikasi yang diinginkan, kemudian diakhiri dengan pengembangan antara 5 hingga 20 konsep produk yang harus dipertimbangkan (Ulrich & Eppinger, 2015). Terdapat lima langkah utama dalam tahap penyusunan konsep, yang dapat dilihat pada Gambar 2.10 berikut:



Gambar 2.10 Langkah dalam Penyusunan Konsep (Ulrich & Eppinger, 2015)

Dalam menyusun metode ini difokuskan pada konsep menyeluruh untuk sebuah produk, namun metode ini juga dapat

digunakan dalam beberapa hal-hal yang berbeda pada saat proses pengembangan. Proses ini tidak hanya berfungsi untuk konsep produk keseluruhan, tetapi juga untuk konsep subsistem dan komponen-komponen spesifik. Memperjelas masalah yang bertujuan untuk menyederhanakan masalah agar lebih mudah diuraikan.

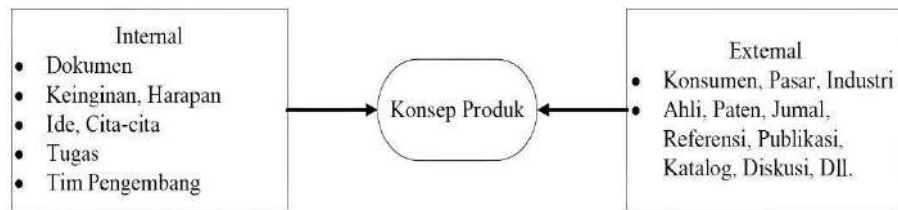
2.8.5 Pemilihan Konsep

Proses pemilihan konsep merupakan proses dimana berbagai macam produk yang telah dikembangkan dan dianalisis akan dilakukan penyaringan atau penghilangan secara runtun. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan konsep produk yang lebih baik diantara berbagai konsep produk yang ada (Ulrich & Eppinger, 2015). pemilihan konsep terbagi menjadi dua tahap, yaitu:

- a. Penyaringan konsep yang bertujuan untuk mengurangi jumlah konsep dengan cepat dan memperbaiki konsep-konsep yang ada.
- b. Penilaian konsep, di mana tim memberikan bobot penting pada setiap kriteria seleksi dan lebih menitikberatkan pada hasil perbandingan yang lebih baik, dengan fokus pada kriteria-kriteria utama yang telah ditentukan.

2.8.6 Pengembangan Konsep

Menurut Batan, Setelah kebutuhan dan persyaratan produk didefinisikan dengan jelas, tahap selanjutnya adalah merancang dan mengembangkan konsep produk yang sesuai. Konsep produk ini umumnya digambarkan dalam bentuk sketsa. Fleksibilitas sketsa memungkinkan para perancang untuk dengan mudah menciptakan dan mengembangkan berbagai ide baru, sehingga menghasilkan beragam alternatif konsep yang dapat dipertimbangkan lebih lanjut dalam tahap perancangan (Pambudi, 2024). Pengelompokan konsep tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.11 berikut.



Gambar 2.11 Faktor yang Mempengaruhi Pengembangan Konsep (Ulrich & Eppinger, 2015)

2.8.7 Penyaringan Konsep

Salah satu langkah dalam penyaringan konsep adalah memberikan nilai untuk setiap kriteria yang telah ditentukan, berdasarkan penilaian relatif. Tahap penyaringan konsep ini mengacu pada metode seleksi konsep yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada tahun 1990, yang dikenal dengan sebutan metode seleksi konsep Pugh (Pugh, 1990). Langkah-langkah untuk melakukan penyaringan konsep ini lebih lanjut sebagai berikut (Ulrich & Eppinger, 2015):

1. Mempersiapkan Matrik Seleksi

Matriks disusun untuk memudahkan proses penyaringan konsep. Matriks ini memuat berbagai kriteria yang diambil dari kebutuhan pelanggan yang telah diidentifikasi, serta faktor lainnya seperti proses manufaktur. Jumlah kriteria yang digunakan biasanya berkisar antara 5 hingga 10 (Ulrich & Eppinger, 2015).

2. Menilai Konsep

Penilaian nilai relatif suatu konsep dilakukan dengan memberikan tanda tertentu berdasarkan perbandingannya dengan konsep referensi. Tanda "+" digunakan jika konsep dinilai "lebih baik" dari konsep referensi, "0" untuk "sama dengan" konsep referensi, dan "-" untuk "lebih buruk" dari konsep referensi. Penilaian ini diterapkan pada setiap kriteria yang ada dalam konsep tersebut. Konsep referensi sendiri merupakan standar industri atau konsep standar dalam produk yang sedang dinilai. Selain itu, konsep referensi juga dapat berupa produk komersial yang sudah tersedia di pasar (Ulrich & Eppinger, 2015).

3. Merengking Konsep

Setelah konsep-konsep tersebut dievaluasi, langkah selanjutnya adalah menyusun peringkat untuk setiap konsep. Langkah pertama adalah menghitung jumlah nilai positif (+), netral (0), dan negatif (-) pada masing-masing konsep. Selanjutnya, hitung selisih antara jumlah nilai positif dan negatif, kemudian masukkan hasilnya ke dalam kolom nilai akhir. Terakhir, berikan peringkat pada setiap konsep berdasarkan nilai akhir yang telah dihitung (Ulrich & Eppinger, 2015).

4. Menggabungkan dan Memperbaiki Konsep – Konsep

Setelah melakukan proses perengkingan, langkah selanjutnya adalah proses pemeriksaan apakah konsep – konsep tersebut masuk akal. Secara umum, terdapat konsep yang perlu diperbaiki atau digabungkan sehingga harus kembali ke proses penyusunan konsep.

5. Menentukan Beberapa Konsep yang Akan dipilih

Setelah melakukan perbaikan konsep, selanjutnya adalah pemilihan antara satu atau lebih konsep dimana tim sudah merasa puas terhadap hasil tersebut, Konsep yang dilanjutkan akan melalui tahap selanjutnya yaitu penilaian konsep. Jika konsep yang dilanjutkan hanya 1, maka tahap evaluasi penilaian dapat dilewati.

6. Menggambarkan pada Proses yang akan dilakukan

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari penyaringan konsep dengan merefleksikan hasil dan proses sebaiknya dapat dilakukan pada setiap tahap. Tahap ini berisikan perbaikan pada setiap tahap dan memfokuskan kembali pada sub masalah yang akan diselesaikan.

Tahapan – tahapan tersebut akan dimasukkan ke dalam matriks seleksi, matriks penyaringan dan penilaian konsep. Berikut adalah matriks penyaringan konsep yang dapat dilihat pada Tabel 2.10 di bawah ini.

Tabel 2.10 Matriks Penyaringan Konsep

Kriteria Seleksi	Konsep Produk			
	A	B	C	Produk Pemandang
....				
....				
....				
....				
Jumlah +				
Jumlah -				
Jumlah 0				
Skor Bersih				
Ranking				

Sumber: Pambudi, 2024

2.8.8 Penilaian Konsep

Penilaian konsep bertujuan untuk memastikan bahwa pemilihan dari berbagai alternatif penyelesaian dapat dilakukan dengan lebih baik dibandingkan konsep lainnya. Pada tahap ini, tim pengembang memberikan bobot prioritas pada setiap kriteria seleksi dan berfokus pada hasil perbandingan yang lebih optimal, dengan perhatian khusus pada setiap kriteria yang telah ditentukan. Untuk menentukan konsep alternatif yang paling sesuai, diperlukan sebuah metode yang mendukung pengambilan keputusan secara efektif. Dengan menerapkan mekanisme tertentu, tujuan utamanya adalah memperoleh keputusan yang paling optimal. Pembuatan model keputusan merupakan proses untuk merumuskan hubungan logis yang mendasari suatu keputusan ke dalam bentuk model matematis (Riyanto, 2014). Berikut adalah model matrik dalam penilaian konsep pada Tabel 2.11 berikut.

Tabel 2.11 Matriks Penilaian Konsep

Matrik Penilaian Konsep									
Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep Produk (A, B, C & Referensi)							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Referensi	
		Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor
Desain									
Waktu Pengerjaan									
Material									
Jenis Pencekaman									
Stopper									
Bobot Total	100%								
Nilai Absolut									

Sumber: Pambudi, 2024

Pada tahapan penilaian ini dilakukan dengan memberikan poin 1 hingga 5 yang dimana semakin besar nilainya maka akan semakin

baik kriteria konsep pada produk tersebut. Berikut keterangan mengenai nilai tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.12

Tabel 2.12 Keterangan Nilai

Nilai	Keterangan
1	Konsep baru jauh lebih buruk dari konsep existing
2	Konsep baru lebih buruk dari konsep existing
3	Konsep baru sama dengan konsep existing
4	Konsep baru lebih baik dari konsep existing
5	Konsep baru jauh lebih baik dari konsep existing

Sumber: Pambudi, 2024

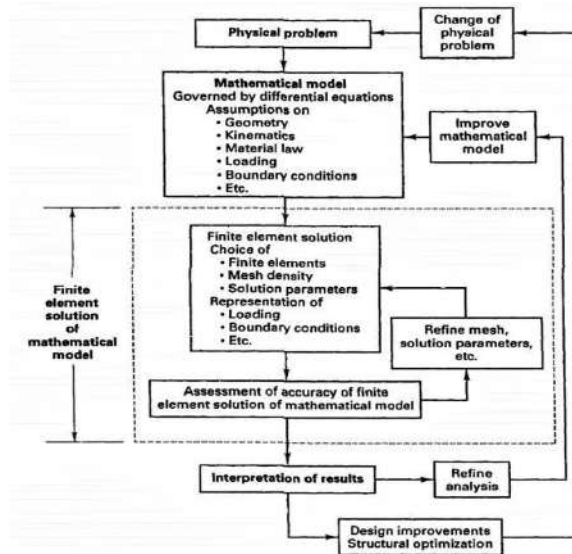
2.8.9 Perwujudan Desain dan Komponen

Konsep yang telah dipilih akan direalisasikan menjadi sebuah produk. Pada tahap ini, bentuk produk akan terlihat dalam bentuk gambar susunan. Tujuan dari proses perwujudan rancangan adalah menghasilkan gambar susunan produk yang dilengkapi dengan penjelasan mengenai cara kerjanya. Selain itu, proses ini juga memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana produk tersebut tersusun dari berbagai komponen, cara perakitannya, serta memastikan bahwa setiap bagian tersusun dengan tepat dan dapat dipahami secara detail (Ulrich & Eppinger, 2015).

2.9 Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga (MEH) saat ini telah menjadi komponen integral dalam proses analisis dan visualisasi teknik. Metode ini menawarkan pendekatan yang sistematis dan efisien untuk menyelesaikan berbagai permasalahan yang kompleks, mulai dari mekanika struktur hingga aliran fluida. Gambar 2.12 merangkum alur umum dalam menganalisis permasalahan fisika yang melibatkan struktur. Proses ini dimulai dengan menyederhanakan masalah fisik menjadi model matematika yang lebih sederhana. Penyederhanaan ini melibatkan sejumlah asumsi yang memungkinkan kita untuk menyusun persamaan diferensial yang menggambarkan perilaku sistem. Metode elemen hingga kemudian digunakan untuk menyelesaikan persamaan diferensial tersebut secara numerik. Metode ini dipilih karena efisiensi dan akurasi dalam memberikan solusi yang mendekati solusi eksak. Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk memperkirakan tingkat kesalahan dalam

solusi numerik yang diperoleh. Dengan demikian, para perancang dapat menilai sejauh mana hasil analisis dapat diandalkan dan digunakan dalam pengambilan keputusan (Bathe, 2014). Berikut adalah diagram alir proses analisis metode elemen hingga yang ditunjukkan pada Gambar 2.12 berikut.



Gambar 2.12 Proses Analisis Metode Elemen Hingga (Bathe, 2014)

Terdapat empat langkah yang dilakukan sebagai prosedur permodelan komputasi menggunakan metode elemen hingga, yaitu:

1. *Modelling of Geometry*

Objek geometri dalam pemodelan elemen hingga dibentuk dari kumpulan elemen-elemen dasar yang sederhana seperti garis dan permukaan. Elemen-elemen ini dianggap lurus atau datar, meskipun bentuk sebenarnya mungkin melengkung. Semakin banyak elemen yang digunakan, semakin akurat representasi model terhadap bentuk aslinya. Namun, peningkatan jumlah elemen juga akan meningkatkan waktu komputasi yang diperlukan. Proses pembuatan model geometri melibatkan pendefinisian titik-titik, garis, kurva, permukaan, dan benda padat. Elemen-elemen ini kemudian dapat dimanipulasi dengan berbagai cara untuk membentuk geometri yang kompleks. Berbagai perangkat lunak CAD telah dikembangkan untuk memudahkan proses pembuatan model geometri (Gefin, 2020).

2. *Meshing*

Meshing adalah teknik pembagian suatu bentuk geometri menjadi bagian-bagian kecil yang disebut elemen. Tujuannya adalah untuk memudahkan dalam menganalisis dan menghitung solusi dari suatu permasalahan yang terjadi pada bentuk geometri tersebut. Dengan membagi bentuk geometri menjadi elemen-elemen, variasi sifat atau kondisi pada setiap bagian dapat didekati dengan fungsi matematika yang sederhana. Dengan cara ini, permasalahan yang kompleks dapat dipecahkan secara bertahap pada setiap elemen, kemudian hasilnya digabungkan untuk memperoleh solusi keseluruhan (Gefin, 2020).

Mesh generation adalah merupakan tahap krusial dalam analisis numerik yang seringkali memakan waktu. Analis berpengalaman umumnya menghasilkan *mesh* yang lebih akurat untuk masalah yang kompleks. Proses *meshing* melibatkan pembagian domain menjadi elemen-elemen sederhana seperti segitiga atau *tetrahedron*. Informasi mengenai hubungan antar elemen ini sangat penting dalam penyusunan persamaan elemen hingga. Pengembangan perangkat lunak pembentuk *mesh* secara otomatis masih terus dilakukan, namun sebagian besar perangkat lunak analisis elemen hingga komersial telah menyediakan fitur semi-otomatis untuk proses ini (Gefin, 2020).

3. Spesifikasi *Properties* Material

Analisis elemen hingga (FEM) merupakan alat yang sangat berguna dalam menganalisis sistem rekayasa yang kompleks. Keunggulan FEM terletak pada kemampuannya dalam menangani sistem dengan beragam material. Baik sistem yang terdiri dari beberapa komponen dengan material berbeda maupun komponen tunggal dengan material komposit dapat dianalisis dengan mudah menggunakan FEM. Sifat material yang beragam, seperti modulus *young*, modulus geser, dan koefisien konduktivitas termal, dapat didefinisikan secara terpisah untuk setiap elemen atau material individu. Hal ini memungkinkan FEM untuk mensimulasikan berbagai fenomena fisik, mulai dari analisis tegangan hingga analisis termal. Meskipun terdapat database material komersial yang tersedia, eksperimen seringkali diperlukan untuk menentukan sifat

material yang spesifik, terutama untuk material yang belum terstandarisasi (Gefin, 2020).

4. *Boundary, Initial, and Loading Conditions*

Boundary, initial, dan loading conditions memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil simulasi. Perangkat lunak praprosesor komersial umumnya menyediakan alat untuk mendefinisikan kondisi-kondisi ini secara visual maupun numerik. Peneliti dapat menetapkan kondisi-kondisi tersebut berdasarkan entitas geometri atau elemen *mesh*. Namun, untuk merepresentasikan kondisi nyata dalam sistem rekayasa, diperlukan pemahaman yang mendalam mengenai fenomena fisik yang terjadi serta keahlian dalam memilih kondisi batas yang tepat (Gefin, 2020).

Finite Element Analysis (FEA) secara luas digunakan untuk memperoleh solusi numerik dari permasalahan teknik yang kompleks. Dengan bantuan komputer, FEA memungkinkan simulasi perilaku material dan struktur secara akurat. Salah satu perangkat lunak FEA yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Autodesk Fusion 360*, yang mampu melakukan berbagai jenis simulasi meliputi analisis struktur, tegangan, dan deformasi. Kemampuan *Autodesk Fusion 360* untuk mengintegrasikan proses desain CAD dan analisis CAE dalam satu platform membuatnya menjadi alat yang sangat efisien dalam berbagai bidang *engineering* (Setiawan dkk., 2023).

2.9.1 *Software Autodesk Fusion 360*

Autodesk Fusion 360 adalah perangkat lunak berbasis cloud yang terintegrasi, menggabungkan kemampuan CAD (Desain Berbantuan Komputer), CAE (Rekayasa Berbantuan Komputer), dan CAM (Manufaktur Berbantuan Komputer) dalam satu platform. Dikembangkan oleh Autodesk, *software* ini sering digunakan untuk desain produk, simulasi, dan proses manufaktur. Keunggulan utama *Fusion 360* terletak pada kolaborasi real-time melalui cloud, alur kerja yang menyeluruh dari desain hingga produksi, serta antarmuka yang mudah digunakan. Dengan fitur parametrik, pengguna dapat dengan mudah mengubah dimensi dan bentuk desain, sementara alat

rendering dan animasi membantu menciptakan visualisasi produk yang realistis (Setiawan, dkk., 2023).

Dalam analisis struktural atau CAE, Fusion 360 menyediakan alat simulasi berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) untuk menilai kekuatan, ketahanan, dan kinerja produk. Proses ini dimulai dengan pembuatan model 3D, di mana material dengan sifat mekanis tertentu (seperti modulus elastisitas dan kekuatan luluh) ditentukan. Selanjutnya, model dibagi menjadi mesh (jaring elemen kecil) untuk analisis numerik, dengan opsi penyesuaian ukuran dan penyempurnaan untuk meningkatkan akurasi. Beban eksternal dan batasan (*constraints*) kemudian diterapkan untuk mensimulasikan kondisi nyata, seperti tekanan statis atau dinamis. Hasil simulasi divisualisasikan dalam bentuk distribusi tegangan, faktor keamanan, dan deformasi, yang membantu insinyur mengidentifikasi area kritis yang perlu diperkuat atau dimodifikasi (Setiawan, dkk., 2023).

Fusion 360 juga mendukung optimisasi desain melalui desain generatif, di mana perangkat lunak secara otomatis menghasilkan alternatif desain berdasarkan parameter yang ditentukan, seperti beban maksimal dan material yang digunakan. Dengan demikian, Fusion 360 tidak hanya mempercepat proses desain ulang, tetapi juga memastikan produk memenuhi standar keamanan dan kinerja sebelum diproduksi secara fisik. Kombinasi fitur CAD, CAE, dan CAM dalam satu platform menjadikannya solusi efisien untuk pengembangan produk inovatif dan berkelanjutan.

2.10 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya (RAB) merupakan Biaya merupakan faktor utama dalam menentukan harga jual produk. Oleh sebab itu dalam menentukan harga jual perusahaan harus menghitung semua biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan produk. Jangan sampai harga jual produk lebih rendah dari biaya produksi atau tidak dapat menutupi biaya produksi.

Biaya produksi merupakan yang terjadi mengolah bahan baku menjadi produk jadi yang siap dijual (Wiratna, 2016). Biaya produksi pada perusahaan

pemanufakturan terdiri atas elemen-elemen biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung dan biaya overhead pabrik.

(Mulyadi, 2018) mengemukakan bahwa, “biaya produksi merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan dalam pengolahan bahan baku menjadi produk, sedangkan biaya non produksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan non produksi, seperti kegiatan pemasaran, kegiatan administrasi dan umum”.

Total biaya produksi merupakan sebagian biaya yang dikeluarkan saat barang telah masuk ke dalam proses produksi dan biaya yang dikeluarkan untuk produksi barang tersebut. Rumus yang digunakan untuk menghitung total biaya produksi ditunjukkan pada persamaan 2.39 sebagai berikut.

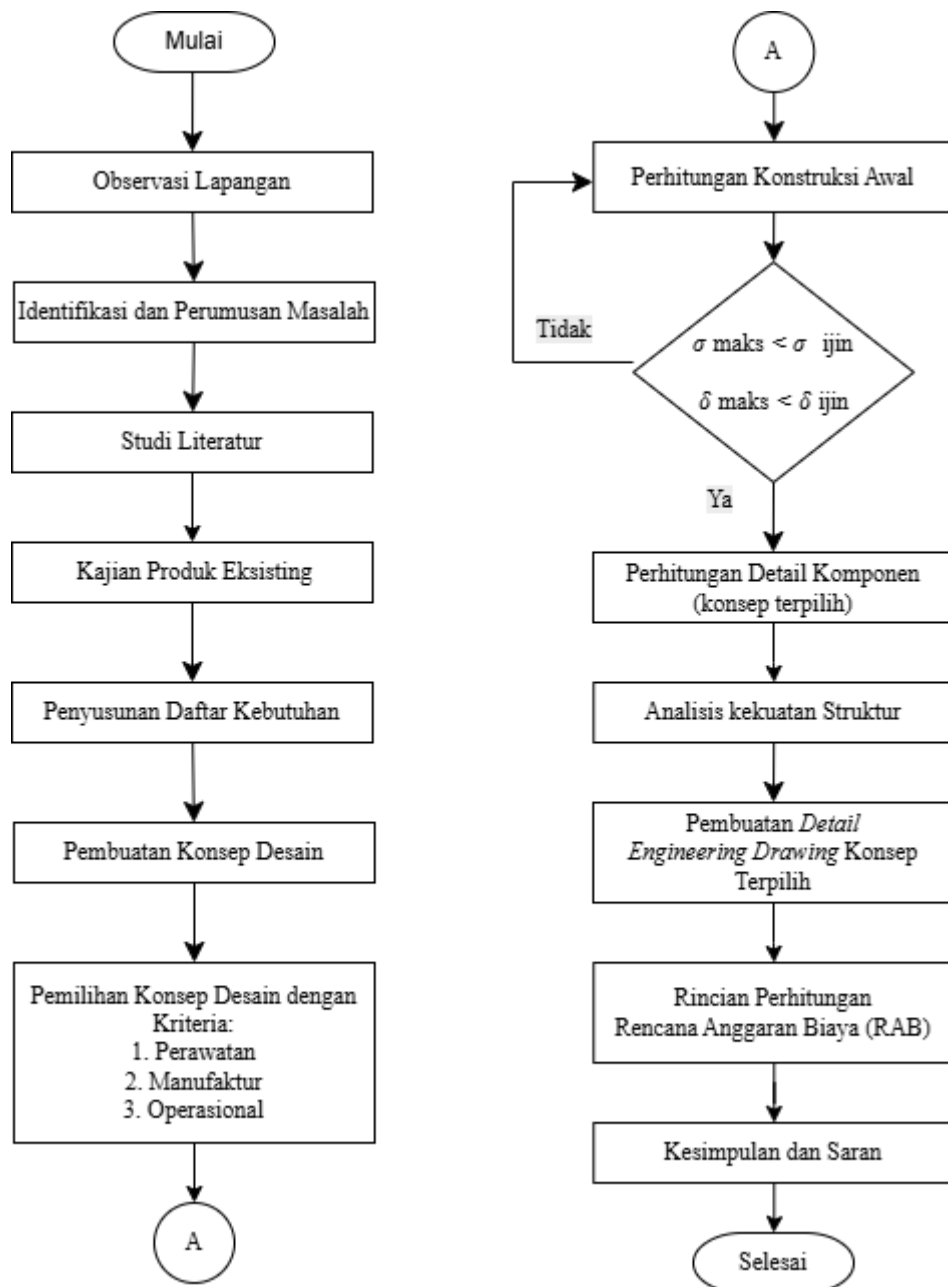
$$\text{Biaya total} = \text{Total biaya bahan baku} + \text{total biaya komponen} + \text{total biaya manufaktur} \quad (2.27)$$

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini akan ditunjukkan diagram alir berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir

3.2 Observasi Lapangan

Tahap ini dilakukan pemilihan topik penelitian serta dilakukan identifikasi terhadap permasalahan di *workshop* perusahaan manufaktur. Pengamatan dilakukan secara langsung terhadap *workshop* di PT. Pelangi Indokarya.

3.3 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Berdasarkan hasil observasi, selanjutnya dilakukan identifikasi permasalahan mengenai mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya yang masih mengandalkan *forklift* secara manual, sehingga menimbulkan waktu tunggu yang panjang akibat terbatasnya jumlah unit *forklift* yang tersedia, potensi kerusakan material selama proses pemindahan, serta inefisiensi penggunaan tenaga kerja yang berdampak pada kelancaran alur produksi.

Berdasarkan identifikasi permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang *transfer car* yang sesuai dengan kondisi dan ukuran *workshop* untuk mendukung mobilisasi komponen antar *workshop*. Perancangan dilakukan guna meningkatkan efisiensi proses pemindahan material, keselamatan kerja, serta mengurangi risiko kerusakan komponen. Analisis kekuatan struktur dilakukan menggunakan Autodesk Fusion 360 sehingga diperoleh rancangan *transfer car* yang sesuai dengan kebutuhan operasional *workshop* dan dapat dipertanggungjawabkan secara teknis.

3.4 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan sebagai landasan teori yang mendukung proses penelitian serta menjadi acuan dalam menyelesaikan permasalahan yang diteliti. Melalui studi literatur, peneliti memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai perancangan *transfer car*, metode perhitungan komponen, dan hasil penelitian terdahulu yang relevan. Informasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan, analisis, serta pengambilan keputusan selama penelitian. Referensi yang digunakan meliputi jurnal ilmiah, tugas akhir, katalog, dan sumber ilmiah lainnya yang berkaitan dengan topik penelitian.

3.5 Kajian Produk Eksisting

Kajian terhadap produk eksisting dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai karakteristik, tren desain, keunggulan, serta keterbatasan *transfer car* yang telah digunakan pada berbagai aplikasi industri. Hasil kajian tersebut menjadi acuan dalam mengidentifikasi peluang pengembangan desain yang sesuai dengan kebutuhan mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya. Berdasarkan hasil analisis, *transfer car* berpandu rel dengan sistem penggerak motor dipilih sebagai konsep yang paling sesuai karena mampu mengangkut beban besar secara stabil, aman, dan efisien sesuai dengan kondisi lingkungan produksi. Oleh karena itu, perancangan *transfer car* dalam penelitian ini mengacu pada karakteristik produk eksisting dengan penyesuaian terhadap kebutuhan operasional dan kondisi aktual perusahaan.

3.6 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Pada tahap penyusunan daftar kebutuhan ini mengacu pada data yang diperoleh dari tahap sebelumnya. Tahap ini bertujuan untuk menentukan spesifikasi produk yang sesuai dengan permasalahan yang telah diidentifikasi. Daftar kebutuhan (Tabel 3.1) yang telah dibuat dapat digunakan untuk pedoman pembuatan konsep desain pada penelitian ini berdasarkan informasi yang relevan serta referensi dari jurnal ilmiah maupun buku. Dengan adanya daftar kebutuhan yang jelas, proses perancangan konsep desain dapat dilakukan secara terarah dan sistematis, sehingga hasil akhir dapat memenuhi ekspektasi pengguna. Berikut adalah tabel daftar kebutuhan produk yang akan digunakan.

Tabel 3.1 Tabel Daftar Kebutuhan

No.	Daftar Kebutuhan Produk			
	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab	

3.7 Pembuatan Konsep Desain

Setelah melakukan analisis mendalam terhadap kebutuhan pengguna yang tertuang dalam daftar kebutuhan produk, tahap selanjutnya adalah tahap pembuatan konsep desain menggunakan lebih dari satu konsep dengan metode ulrich. Metode ini memerlukan minimal 3 konsep desain. Kemudian sebuah konsep yang memenuhi kriteria dapat dipilih dari beberapa konsep desain yang

dibuat. Dalam proses perancangannya, peneliti akan mempertimbangkan beberapa aspek penting seperti kekuatan struktur *frame*, desain *frame* yang mengutamakan keamanan pengguna, kemudahan dalam proses mobilisasi komponen antar *workshop*, serta kemudahan dalam proses manufaktur dan perakitan.

3.8 Pemilihan Konsep Desain

Setelah tahap pembuatan konsep desain selesai, dilakukan proses pemilihan konsep desain *transfer car* terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Evaluasi konsep dilakukan dengan mempertimbangkan aspek perawatan, kemudahan manufaktur, dan operasional sebagai dasar penilaian. Selain itu, pemilihan konsep juga memperhatikan efisiensi biaya pembuatan, kemampuan mengangkut beban sesuai kapasitas yang direncanakan, serta ketahanan struktur selama masa operasional. Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan konsep desain yang paling sesuai untuk dikembangkan dan diimplementasikan pada penelitian ini. Pemilihan konsep desain dapat menggunakan tabel matriks pemilihan konsep dibawah ini.

Tabel 3.2 Matrik Penilaian Konsep

Matrik Penilaian Konsep									
Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep Produk (A, B, C, dan Referensi)							
		Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot
<i>Safety</i>									
Operasional									
Biaya									
Fabrikasi									
Bobot Total									
Nilai Absolut									

Sumber: Batan, 2012

3.9 Perhitungan Konstruksi Awal

Perhitungan konstruksi awal dilakukan untuk menentukan parameter dasar yang digunakan dalam proses perancangan rangka *transfer car*. Tahap ini meliputi penentuan beban desain, jenis pembebanan, material rangka, faktor keamanan, dan profil baja yang akan digunakan sebagai desain awal sebelum dilakukan analisis kekuatan struktur. Parameter tersebut selanjutnya menjadi

dasar dalam perhitungan tegangan, defleksi, serta verifikasi kekuatan rangka pada tahap analisis struktur.

3.10 Perhitungan Detail Komponen Konsep Terpilih

Perhitungan detail komponen konsep terpilih dilakukan untuk menentukan spesifikasi setiap komponen penyusun *transfer car* agar sesuai dengan kebutuhan operasional dan beban kerja yang direncanakan. Tahap ini meliputi perhitungan gaya traksi sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan sistem penggerak, dilanjutkan dengan perhitungan torsi roda, putaran roda (RPM), daya motor, rasio *gearbox*, serta pemilihan poros dan *bearing*. Seluruh perhitungan dilakukan berdasarkan beban desain yang telah ditetapkan dan mengacu pada teori elemen mesin serta spesifikasi komponen standar yang tersedia di pasaran.

3.11 Analisis Kekuatan Struktur

Pada tahap ini, setelah perhitungan detail komponen, maka selanjutnya akan dilakukan analisis kekuatan pada konsep desain yang terpilih. Analisis kekuatan struktur rangka menggunakan *software Autodesk Fusion 360* dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk memastikan keamanan rancangan. Analisis ini bertujuan untuk menghitung tegangan yang aman dengan membandingkan *yield strength* (kekuatan luluh) material dengan *safety factor* (faktor keamanan). Hasil perhitungan ini akan digunakan untuk mengevaluasi apakah struktur dapat menahan beban yang diberikan tanpa mengalami kerusakan atau kegagalan. Selain itu, FEA akan memberikan gambaran distribusi tegangan pada berbagai titik di struktur untuk memastikan desain yang optimal dan aman. Evaluasi ini mencakup aspek material yang digunakan, ketebalan elemen struktural, serta konfigurasi sambungan antar komponen rangka.

3.12 Pembuatan *Detail Engineering Drawing* Konsep Terpilih

Setelah proses perancangan selesai, dilakukan penyusunan gambar kerja yang meliputi *assembly drawing* dan *detail drawing* sebagai acuan dalam proses manufaktur *transfer car*. Gambar kerja memuat informasi mengenai dimensi, material, dan komponen yang digunakan sehingga dapat mendukung proses fabrikasi dan perakitan sesuai spesifikasi desain. Penyusunan gambar dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Fusion 360 dengan diawali pembuatan

model tiga dimensi (3D) yang kemudian dikonversi menjadi gambar dua dimensi (2D) sebagai dokumen teknik (Fadri & Rezkiti, 2017).

3.13 Rincian Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) digunakan untuk memperkirakan total biaya yang diperlukan dalam proses pembuatan *transfer car*. Penyusunan anggaran biaya akan dilakukan dengan cara menganalisis kebutuhan material untuk setiap komponen rangka *transfer car*. Selanjutnya, akan dilakukan survei harga bahan baku di berbagai *supplier*, baik secara langsung maupun melalui platform *e-commerce*. Selain biaya material, akan diperhitungkan pula biaya produksinya. Dengan demikian, dapat diperoleh estimasi biaya produksi yang akurat dan realistis. Diharapkan pengelolaan biaya dapat dilakukan dengan lebih efektif, sehingga proyek perancangan dapat berjalan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan dan menghindari terjadinya pemborosan.

3.14 Kesimpulan dan Saran

Pada bagian akhir, kesimpulan dan saran akan disampaikan berdasarkan hasil penelitian dan analisis yang telah dilakukan. Kesimpulan ini akan merangkum temuan utama dari proses perancangan *transfer car* untuk mobilisasi antar *workshop*, serta keberhasilan metode Ulrich dan FEA dalam meningkatkan efisiensi produksi. Selain itu, saran akan diberikan untuk pengembangan lebih lanjut dari desain *transfer car*, termasuk rekomendasi untuk penelitian lanjutan yang dapat mengeksplorasi aspek-aspek lain, seperti inovasi material atau teknologi baru yang dapat diterapkan.

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kajian Produk Eksisting

Hasil pengamatan di PT Pelangi Indokarya menunjukkan bahwa mobilisasi komponen antar *workshop* masih dilakukan menggunakan *forklift*. Keterbatasan jumlah *forklift* yang tersedia mengakibatkan proses pemindahan komponen berat sering mengalami waktu tunggu, terutama ketika alat digunakan secara bersamaan pada beberapa aktivitas produksi. Oleh karena itu, diperlukan alternatif sarana *material handling* yang mampu mendukung proses mobilisasi komponen secara lebih efektif, aman, dan berkelanjutan, salah satunya melalui perancangan *transfer car*. Sebelum melakukan perancangan *transfer car*, harus mencari produk yang ada di pasaran sebagai referensi pembuatan desain. Menurut Groover (2016), kajian produk eksisting merupakan langkah penting dalam proses perancangan karena memberikan gambaran awal mengenai standar teknis, kapasitas, dan keterbatasan produk sejenis yang sudah beredar di industri.

Sebagai referensi perancangan, dikaji *transfer car* eksisting dari Demag Cranes & Components yang banyak digunakan di industri skala besar (Demag Cranes & Components GmbH, 2022). Berdasarkan data katalog produk, *transfer car* ini dirancang dengan kapasitas angkut hingga 60 ton, kecepatan operasional 10–30 m/menit, dan dimensi platform $8.000 \times 3.000 \times 500$ mm. Sistem penggeraknya menggunakan motor AC *induction* tipe *heavy duty* yang mampu menghasilkan pergerakan stabil dan terarah di atas lintasan rel baja. Spesifikasi lengkap produk ini dapat dilihat pada Gambar 4.1 dan Tabel 4.1 berikut.



Gambar 4.1 *Transfer Car* (Demag Cranes & Components GmbH, 2022)

Tabel 4.1 Spesifikasi *Transfer Car* Demag Cranes

Spesifikasi	Deskripsi
Kapasitas Beban	60 ton
Dimensi	8000mm × 3000mm × 500mm
Kecepatan	± 10 – 30 m/menit
Material Rangka	ASTM A36
Operasional	Motor AC induction motor (heavy duty)
Daya motor	± 15 – 30 kW
Produsen	Demag Cranes & Components GmbH

Sumber: Demag Cranes & Components GmbH, 2022)

Namun, apabila dikaji lebih lanjut terhadap kebutuhan di *workshop* PT. Pelangi Indokarya, produk *transfer car* dari Demag Cranes & Components memiliki beberapa keterbatasan. Kapasitas angkut yang sangat besar menyebabkan sistem ini menjadi kurang efisien apabila digunakan untuk beban komponen yang relatif lebih kecil, sehingga berpotensi menimbulkan pemborosan biaya investasi dan konsumsi energi (Groover, 2016). Selain itu, dimensi platform yang besar dan sistem kendali yang kompleks tidak sesuai dengan kondisi antar *workshop* PT. Pelangi Indokarya yang memiliki lebar terbatas.

Berdasarkan kajian tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun produk eksisting dari Demag Cranes & Components memiliki keunggulan dalam hal kapasitas, stabilitas, dan keselamatan, produk ini tidak sesuai untuk diterapkan langsung di PT. Pelangi Indokarya (Demag Cranes & Components GmbH, 2022). Oleh karena itu, diperlukan perancangan sistem *transfer car*

yang lebih sederhana, ekonomis, dan sesuai dengan kondisi operasional *workshop* PT. Pelangi Indokarya.

4.2 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Penyusunan daftar kebutuhan adalah tahapan penting dalam perancangan *transfer car* yang bertujuan untuk mengumpulkan dan mendokumentasikan seluruh informasi terkait kebutuhan yang harus dipenuhi oleh alat yang akan dirancang. Tujuan utama dari tahap ini adalah menentukan spesifikasi produk/alat yang sesuai dengan kebutuhan operasional *workshop* PT. Pelangi Indokarya, baik dalam hal fungsionalitas, keamanan dan efisiensi biaya. Dalam hal ini, alat yang dirancang diharapkan dapat memenuhi beberapa kriteria penting, seperti kemudahan dalam proses manufaktur, ketersediaan alat dan bahan di pasaran, serta biaya yang sesuai dengan anggaran yang ada.

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung dengan pembimbing OJT selama periode magang di PT Pelangi Indokarya pada divisi *engineering*. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, diperoleh informasi sebagai berikut:

1. Proses pemindahan komponen otomotif antar *workshop* masih dilakukan secara manual menggunakan *forklift* dengan beban angkut minimal 4.000 kg per sekali pemindahan, sehingga diperlukan *transfer car* yang mampu menangani kapasitas tersebut secara lebih efisien. Maka untuk perancangan *transfer car* ini menggunakan beban SWL 7 Ton.
2. Luas bangunan *workshop* bagian barat adalah 528 m² dan *workshop* bagian timur sebesar 273 m², sehingga dimensi *transfer car* harus dirancang menyesuaikan kondisi aktual ruang gerak antar kedua *workshop* tersebut.
3. Sistem kendali alat harus sederhana dan mudah dioperasikan oleh operator tanpa latar belakang teknis khusus, serta seluruh komponen yang digunakan harus mudah diperoleh di pasar lokal dan dapat dirawat oleh teknisi internal perusahaan.
4. Keselamatan kerja menjadi prioritas utama mengingat area produksi memiliki lalu lintas operator yang cukup padat, sehingga *transfer car* harus dilengkapi sistem pengaman yang memadai untuk mencegah kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil wawancara, daftar kebutuhan disusun dalam dua kategori, yaitu syarat (S) yang bersifat wajib dipenuhi dan Harapan (H) yang diinginkan namun tidak mutlak. Berikut adalah daftar kebutuhan sebagaimana yang ditunjukkan oleh Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Daftar Kebutuhan

No	Daftar Kebutuhan			
	Aspek	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
1	Manufaktur	S	A. Struktur dan komponen <i>transfer car</i> mudah dirakit serta menggunakan komponen standar yang tersedia di pasaran. B. Dapat diproduksi menggunakan fasilitas dan proses manufaktur yang tersedia di PT Pelangi Indokarya.	Tim Manufaktur
2	Operasional	S	A. Mampu mengangkut beban komponen sesuai kebutuhan <i>workshop</i> (≥ 4000 kg). B. Mudah dioperasikan oleh operator dengan sistem pengoperasian yang sederhana. C. Mampu mempercepat proses mobilisasi komponen antar <i>workshop</i> secara aman dan efisien.	Tim Desain dan Manufaktur
3	Perawatan	S	A. Komponen sistem penggerak, roda, dan rangka mudah diperiksa serta dilakukan perawatan berkala. B. Komponen mudah dirawat dan diperoleh di pasaran	Tim Desain dan Manufaktur

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Keterangan:

S = Syarat

H = Harapan

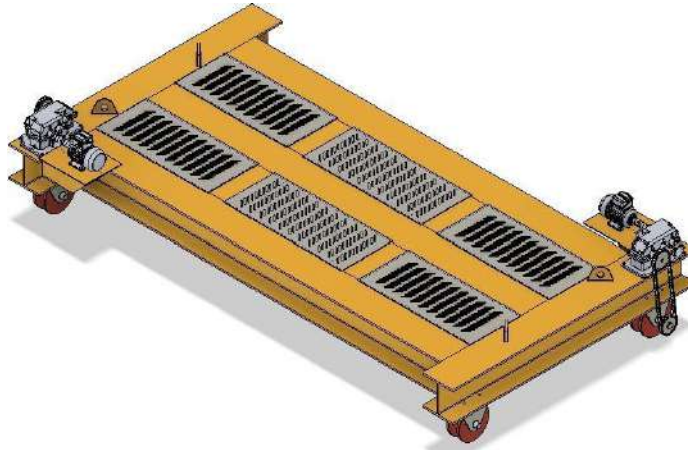
4.3 Pembuatan Konsep Desain

Berdasarkan daftar kebutuhan yang telah dirumuskan, maka didapatkan spesifikasi produk yang akan digunakan untuk pembuatan konsep desain. Sesuai dengan metode yang di gunakan yaitu metode *Ulrich*, didalam tahapan pembuatan konsep desain akan dibuat lebih dari satu konsep desain, karena semakin banyak konsep desain yang dibuat akan dapat memperbanyak alternatif pilihan konsep desain yang akan digunakan, sehingga akan menambah peluang untuk mendapatkan konsep desain yang terbaik. Pada penelitian ini akan dibuat 3 konsep desain rangka *transfer car*. Masing-masing konsep akan dievaluasi secara sistematis berdasarkan

kriteria seleksi yang telah ditetapkan, untuk menentukan satu konsep terbaik yang akan dikembangkan menjadi desain akhir.

4.3.1 Konsep Desain 1

Konsep desain pertama *transfer car* menggunakan rangka yang terbuat dari baja ASTM A36 sebagai struktur utama, yang memiliki panjang 3074. Konsep desain pertama menggunakan dua motor listrik yang dipasang secara bersilangan pada kedua ujung rangka *transfer car*. Konfigurasi ini bertujuan untuk menghasilkan distribusi massa sistem penggerak yang lebih seimbang sehingga pembebanan pada rangka menjadi lebih merata. Daya dari masing-masing motor diteruskan menuju *gearbox*, kemudian disalurkan ke roda penggerak melalui sistem transmisi rantai dan sprocket. Berikut ini adalah gambar konsep desain 1 dapat dilihat pada gambar 4.2 dibawah ini.

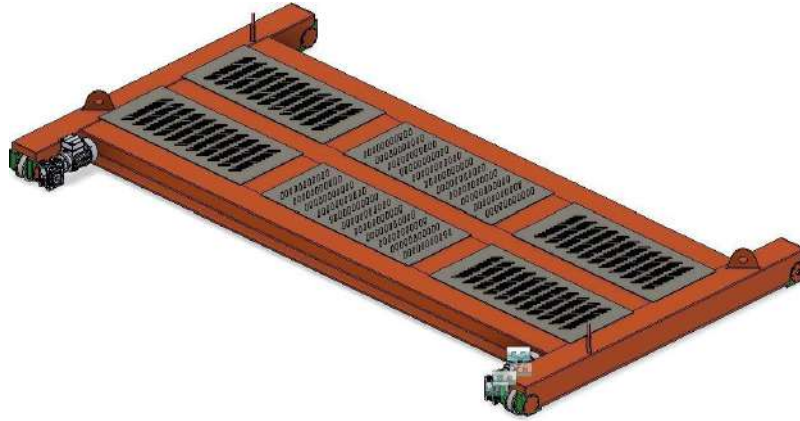


Gambar 4.2 Konsep Desain 1

4.3.2 Konsep Desain 2

Konsep desain kedua menggunakan rangka yang terbuat dari baja ASTM A36 sebagai struktur utama, yang memiliki panjang 3074. Konsep desain kedua menggunakan dua motor listrik yang dipasang sejajar dan berada dekat dengan roda penggerak. Konfigurasi ini menghasilkan jalur transmisi daya yang lebih pendek karena jarak antara motor, *gearbox*, dan roda menjadi lebih dekat,

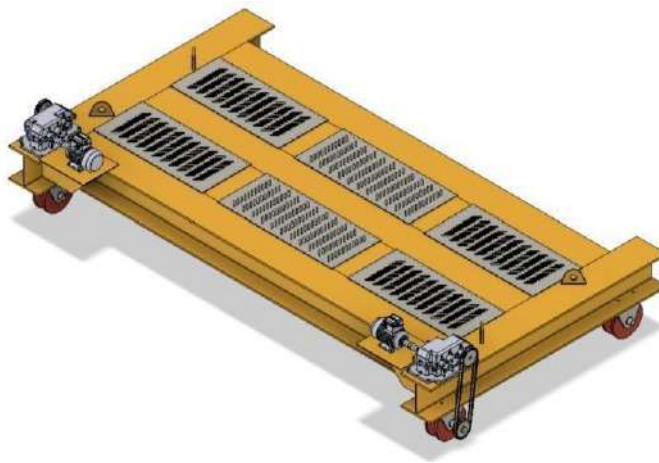
sehingga sistem penggerak memiliki konstruksi yang lebih ringkas.. Berikut ini adalah gambar konsep desain 2 dapat dilihat pada gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Konsep Desain 2

4.3.3 Konsep Desain 3

Konsep Desain 3 menawarkan pendekatan *Transfer car* ini terbuat dari baja yang memiliki panjang 3074. Konsep desain ketiga menggunakan dua motor listrik yang dipasang sejajar di atas dudukan roda. Penempatan ini menghasilkan tata letak sistem penggerak yang simetris sehingga memudahkan proses pemasangan, penyetelan, dan inspeksi komponen selama proses manufaktur maupun perawatan. Berikut ini adalah gambar konsep desain 3 dapat dilihat pada gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4.4 Konsep Desain 3

4.4 Pemilihan Konsep Desain

Setelah diperoleh tiga alternatif konsep desain *transfer car*, selanjutnya dilakukan proses pemilihan konsep untuk menentukan rancangan yang paling sesuai dengan kebutuhan mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya. Ketiga konsep yang telah dibuat dibandingkan berdasarkan beberapa kriteria yang relevan dengan kebutuhan pengguna, sehingga dapat ditentukan konsep yang memiliki performa paling baik dan layak untuk dikembangkan menjadi desain akhir *transfer car*. Berikut ini beberapa kriteria pemilihan konsep perancangan *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop*.

1. Perawatan
2. Manufaktur
3. Operasional

4.4.1 Pemilihan Konsep Desain Mengacu Pada Perawatan

Perawatan (*maintenance*) merupakan faktor penting dalam proses pemilihan konsep, karena berkaitan dengan upaya menjaga agar alat tetap berfungsi secara optimal sesuai kebutuhan. Kemudahan dalam melakukan perawatan akan menjadi salah satu pertimbangan utama dalam penelitian ini. Berikut disajikan analisis setiap konsep berdasarkan aspek perawatan.

1. Perawatan Konsep Desain 1

Dalam Konsep Desain 1, kegiatan perawatan yang diperlukan meliputi:

- a. Pengecekan rangka *transfer car* ASTM A36 secara teratur
- b. Pemeriksaan motor listrik pada kedua sisi *transfer car*
- c. Pemeriksaan gearbox dan penggantian oli gearbox

- d. Pemeriksaan dan penyetelan sistem transmisi rantai serta sprocket
 - e. Pemeriksaan kondisi *sprocket* terhadap keausan serta penyetelan ketegangan (*chain tension*).
 - f. Pemeriksaan *bearing* poros roda secara berkala
 - g. Pemeriksaan kondisi roda penggerak dan roda penuntun
 - h. Pemeriksaan sistem kelistrikan dan kabel motor
2. Perawatan Konsep Desain 2
- Dalam Konsep Desain 2, kegiatan perawatan yang diperlukan meliputi:
- a. Pengecekan rangka transfer car ASTM A36 secara teratur
 - b. Pemeriksaan motor listrik yang dipasang sejajar dengan roda, meliputi kondisi terminal, baut dudukan, suara, getaran, dan temperatur kerja motor
 - c. Pemeriksaan gearbox dan penggantian oli gearbox
 - d. Pemeriksaan *alignment* antara motor, *gearbox*, dan poros penggerak untuk memastikan sistem transmisi bekerja secara optimal.
 - e. Pemeriksaan kondisi *bearing* poros roda serta roda penggerak dan roda penuntun terhadap keausan dan kelancaran putaran.
 - f. Pemeriksaan sistem kelistrikan dan kabel motor
3. Perawatan Konsep Desain 3
- Dalam Konsep Desain 3, kegiatan perawatan yang diperlukan meliputi:
- a. Pemeriksaan kondisi rangka *transfer car* ASTM A36 secara teratur
 - b. Pemeriksaan gearbox dan penggantian oli gearbox
 - c. Pemeriksaan dan penyetelan sistem transmisi rantai serta sprocket
 - d. Pemeriksaan *alignment* rantai dan *sprocket* serta penyetelan ketegangan rantai apabila diperlukan
 - e. Pemeriksaan *bearing* poros roda secara berkala
 - f. Pemeriksaan kondisi roda penggerak dan roda penuntun

- g. Pemeriksaan sistem kelistrikan dan kabel motor
- 4. Perawatan Eksisting
 - a. Pengecekan rangka transfer car ASTM A36 secara teratur
 - b. Pemeriksaan motor listrik pada kedua sisi *transfer car*
 - c. Pemeriksaan *gearbox* dan penggantian oli *gearbox*
 - d. Pemeriksaan dan penyetelan sistem transmisi, meliputi kopling (*coupling*), poros transmisi, dan sambungan mekanis terhadap keausan maupun kelonggaran.
 - e. Pemeriksaan *bearing* poros roda secara berkala
 - f. Pemeriksaan kondisi roda penggerak dan roda penuntun
 - g. Pemeriksaan sistem kelistrikan dan kabel motor
 - h. meliputi kopling (*coupling*), poros transmisi, dan sambungan mekanis terhadap keausan maupun kelonggaran.
 - i. Pemeriksaan sensor keselamatan dan *limit switch* untuk memastikan sistem berhenti pada posisi yang telah ditentukan.
 - j. Pemeriksaan baterai atau sistem catu daya (*power supply*) beserta kondisi pengisian daya apabila menggunakan sistem listrik mandiri.
 - k. Pemeriksaan kekencangan baut pada motor, *gearbox*, *bearing housing*, roda, dan sambungan struktur rangka.
 - l. Pengujian fungsi operasi *transfer car* tanpa beban dan dengan beban untuk memastikan seluruh sistem bekerja dengan baik sesuai prosedur operasi.

Analisis penilaian berdasarkan kriteria perawatan mesin masing-masing konsep desain dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Kriteria Penilaian Perawatan

Skor	Keterangan aspek kemudahan
1.	Sulit
2.	Cukup sulit
3.	Sedang

4.	Mudah
5.	Sangat Mudah

Detail analisis penilaian kriteria perawatan masing masing konsep desain dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Penilaian Aspek Perawatan

No	Perawatan	Konsep desain							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Exsisting	
		Ket	Skor	Ket	Skor	Ket	Skor	Ket	Skor
1.	Jumlah perawatan	8 langkah	3	6 langkah	5	7 langkah	4	12 langkah	2
Total skor		3		5		4		2	

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Kesimpulan dari analisis tersebut adalah semakin tinggi, semakin mudah perawatan produknya. Skor total ini digunakan sebagai panduan evaluasi dalam matriks untuk memilih konsep desain.

4.4.2 Pemilihan Konsep Desain Mengacu Pada Manufaktur

Pemilihan konsep desain dalam aspek manufaktur bertujuan untuk membandingkan kemudahan proses fabrikasi antara ketiga konsep yang telah dibuat, dengan tujuan memilih konsep yang paling mudah dan efisien untuk diproduksi. Selain itu, dalam proses pemilihan juga diberikan prioritas pada penggunaan material dan komponen yang mudah diperoleh di pasar lokal, kesederhanaan proses manufaktur, serta meminimalkan penggunaan mesin khusus yang tidak tersedia di bengkel konvensional. Rincian perkakas yang digunakan dalam proses pembuatan mesin ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.5 Perkakas Manufaktur

No.	Perkakas Konsep Desain 1	Perkakas Konsep Desain 2	Perkakas Konsep Desain 3
1.	Mesin laser cutting	Mesin laser cutting	Mesin laser cutting
2.	Mesin las	Mesin las	Mesin las
3.	Mesin frais	Mesin frais	Mesin frais
4.	Mesin bor	Mesin bor	Mesin bor
5.	Mesin bubut	Mesin bubut	Mesin bubut
6.	Mesin gerinda potong/amplas	Mesin gerinda potong/amplas	Mesin gerinda potong/amplas
7.	Mesin gergaji potong	Mesin gergaji potong	Mesin gergaji potong
8.	Alat ukur (jangka sorong, meteran)	Alat ukur (jangka sorong, meteran)	Alat ukur (jangka sorong, meteran)

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Mengacu pada Tabel 4.5, penilaian proses manufaktur dilakukan dengan mempertimbangkan aspek kemudahan dan kecepatan dalam proses pembuatan. Penilaian ini disusun berdasarkan akumulasi skor dari setiap komponen yang menunjukkan tingkat kemudahan serta efisiensi proses manufaktur. Adapun rincian hasil penilaian tersebut disajikan pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Keterangan Penilaian Manufaktur

No	Keterangan aspek kemudahan	Keterangan Aspek kecepatan
1.	Sulit	lama
2.	Cukup sulit	Cukup lama
3.	Mudah	Cepat
4.	Tidak membutuhkan proses manufaktur	Tidak membutuhkan proses manufaktur

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Selanjutnya, untuk mendetailkan Tabel 4.6 serta memberikan penilaian yang lebih terukur terhadap aspek kemudahan dan kecepatan proses manufaktur, disajikan hasil kuantifikasi pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Keterangan Penilaian Manufaktur

No.	Jumlah langkah	Aspek kemudahan	Aspek kecepatan
Proses laser cutting			

1.	> 20 Potongan	Sulit	Lama
2.	16-20 Potongan	Cukup Sulit	Cukup Lama
3.	11-15 Potongan	Mudah	Cepat
4.	< 10 komponen	Sangat mudah	Sangat cepat
Proses Welding			
1.	> 50 Titik	Sulit	Lama
2.	35-50Titik	Cukup Sulit	Cukup Lama
3.	20-34Titik	Mudah	Cepat
4.	< 20 titik	Sangat mudah	Sangat cepat
Proses Machining			
1.	> 10 Titik	Sulit	Lama
2.	5-10 Titik	Cukup Sulit	Cukup Lama
3.	4-6 Titik	Mudah	Cepat
4.	< 4 komponen	Sangat mudah	Sangat cepat
Proses Assembly			
1.	> 35 komponen	Sulit	Lama
2.	25-35 komponen	Cukup Sulit	Cukup Lama
3.	15-24 komponen	Mudah	Cepat
4.	< 15 komponen	Sangat mudah	Sangat cepat

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Analisis penilaian berdasarkan proses manufaktur disajikan untuk masing-masing desain pada Tabel 4.8 berikut.

Table 4. 8 Table penilaian Manufaktur

No.	Proses Manufaktur	Konsep Desain Mesin							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Existing	
		Proses	Skor	Proses	Skor	Proses	Skor	Proses	Skor
1.	Pembuatan rangka utama	Cukup sulit dan lama	3	Cukup sulit dan lama	3	Cukup sulit dan lama	3	Cukup sulit dan lama	3
2.	Pembuatan dudukan motor	Cepat dan mudah	6	Cepat dan mudah	6	Cepat dan mudah	6	Cukup sulit dan lama	3
3.	Pembuatan dudukan gearbox	Cukup sulit dan cepat	5	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cepat	5	Sulit dan lama	2
4.	Pembuatan sistem transmisi	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cepat	5	Cukup sulit dan cukup	4	Sulit dan lama	2

						lama			
5.	Pemasangan motor dan <i>gearbox</i>	Cukup sulit dan lama	3	Cukup sulit dan lama	3	Cukup sulit dan lama	3	Cukup sulit dan lama	3
6.	Pemasangan roda dan bearing	Cukup sulit dan cepat	5	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cepat	5	Cukup sulit dan lama	3
7.	Pemasangan sistem penggerak	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4
8.	Perakitan keseluruhan	Cukup sulit dan cepat	5	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan lama	3
9.	Finishing dan pengecatan	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4	Cukup sulit dan cukup lama	4
Total Nilai		39		37		38		27	

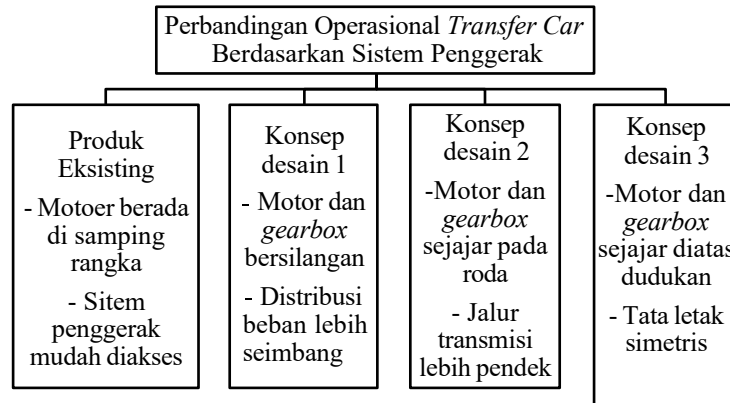
Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Berdasarkan hasil analisis kriteria dari masing masing konsep desain, pada kriteria manufaktur. Konsep Desain 1 memperoleh skor tertinggi dengan total 39 poin.

4.4.3 Pemilihan Konsep Desain Mengacu Pada Operasional

Kriteria berikutnya dalam proses pemilihan konsep desain adalah aspek operasional. Aspek ini digunakan untuk mengevaluasi kemampuan setiap konsep dalam mendukung proses mobilisasi komponen secara efektif, aman, dan efisien sesuai dengan kebutuhan operasional di PT Pelangi Indokarya. Penilaian operasional dilakukan dengan membandingkan kemudahan pengoperasian, stabilitas saat membawa beban, kemudahan pengendalian, serta tata letak sistem penggerak pada masing-masing konsep desain. Hasil evaluasi tersebut menjadi dasar untuk menentukan konsep yang memiliki performa operasional terbaik. Konsep yang mudah dioperasikan akan meningkatkan kenyamanan operator, mempercepat proses pemindahan material, mengurangi potensi kesalahan pengoperasian, serta mendukung keselamatan kerja selama

transfer car digunakan. Oleh karena itu, aspek operasional menjadi salah satu kriteria penting dalam pemilihan konsep desain *transfer car*.



Gambar 4.5 Diagram Alur Perbandingan Berdasarkan Operasional

1.Operasional Produk Eksisting

Produk eksisting menggunakan motor listrik dan *gearbox* yang ditempatkan pada sisi rangka *transfer car* sehingga sistem penggerak mudah diakses selama proses pengoperasian maupun inspeksi. Sistem transmisi menggunakan roda yang bergerak di atas lintasan rel sehingga perpindahan material berlangsung stabil dan terarah. Akan tetapi, dimensi dan kapasitas produk eksisting belum tentu sesuai dengan kebutuhan operasional di PT Pelangi Indokarya sehingga diperlukan pengembangan konsep desain yang lebih sesuai dengan kondisi *workshop*. Tahapan operasional produk eksisting adalah sebagai berikut.

1. Material diangkat menggunakan overhead crane kemudian diletakkan di atas platform transfer car.
2. Operator melakukan pengecekan posisi beban agar berada pada titik pusat gravitasi yang aman.
3. Operator mengaktifkan panel kontrol dan sistem kelistrikan transfer car.
4. Motor listrik menggerakkan sistem transmisi sehingga roda bergerak di atas rel.

5. Transfer car bergerak menuju workshop atau area tujuan.
6. Setelah mencapai posisi tujuan, transfer car dihentikan dan material dipindahkan kembali menggunakan overhead crane.
7. Operator memastikan jalur rel dalam kondisi bersih dan bebas hambatan.

2. Operasional Konsep Desain 1

Pada Konsep Desain 1, motor listrik dan *gearbox* dipasang bersilangan pada kedua ujung transfer car. Konfigurasi ini menghasilkan distribusi massa yang lebih merata antara sisi kanan dan kiri rangka sehingga kestabilan transfer car saat membawa beban menjadi lebih baik. Selain itu, posisi sistem penggerak memberikan ruang muat yang lebih luas di bagian tengah rangka sehingga proses mobilisasi komponen dapat dilakukan tanpa mengganggu area penempatan beban. Tata letak tersebut juga memudahkan operator dalam melakukan pengoperasian karena sistem penggerak tidak menghalangi area kerja. Tahapan operasional Konsep Desain 1 adalah sebagai berikut.

1. Operator memastikan jalur rel dalam kondisi bersih dan bebas hambatan.
2. Material diangkat menggunakan *overhead crane* kemudian diletakkan pada platform *transfer car*.
3. Operator memastikan posisi material berada pada titik pusat beban.
4. Operator mengaktifkan panel kontrol.
5. Motor listrik menggerakkan *helical inline gearbox*.
6. Putaran diteruskan melalui rantai dan *sprocket* menuju roda penggerak.
7. *Transfer car* bergerak menuju lokasi tujuan.
8. Setelah mencapai tujuan, motor dimatikan dan material dipindahkan menggunakan *overhead crane*.

3. Operasional Konsep Desain 2

Pada Konsep Desain 2, motor listrik dan *gearbox* dipasang sejajar dengan roda penggerak sehingga jarak transmisi menjadi lebih pendek. Konfigurasi ini menghasilkan sistem penggerak yang lebih ringkas, namun posisi motor yang berada dekat roda menyebabkan komponen lebih rentan terhadap debu maupun kotoran dari lintasan rel. Selain itu, ruang kerja operator pada saat pengoperasian maupun inspeksi menjadi lebih terbatas dibandingkan dua konsep lainnya. Tahapan operasional Konsep Desain 2 adalah sebagai berikut.

1. Operator memastikan jalur rel dalam kondisi bersih dan bebas hambatan.
2. Material ditempatkan pada platform menggunakan *overhead crane*.
3. Operator memastikan posisi material berada pada titik pusat beban.
4. Operator mengaktifkan panel kontrol.
5. Motor listrik meneruskan putaran langsung ke *gearbox* dan poros roda.
6. Roda penggerak menggerakkan *transfer car* menuju lokasi tujuan.
7. Setelah mencapai tujuan, motor dimatikan dan material dipindahkan menggunakan *overhead crane*.

4. Operasional Konsep Desain 3

Pada Konsep Desain 3, motor listrik dan *gearbox* dipasang sejajar di atas dudukan roda. Penempatan ini menghasilkan tata letak sistem penggerak yang simetris sehingga proses pengoperasian tetap mudah dilakukan. Namun, posisi motor yang berada di atas dudukan roda menyebabkan ruang pemasangan komponen menjadi lebih besar sehingga ruang kerja di sekitar sistem penggerak lebih terbatas dibandingkan Konsep Desain 1. Tahapan operasional Konsep Desain 3 adalah sebagai berikut.

1. Operator memastikan jalur rel dalam kondisi bersih dan bebas hambatan.
2. Material diangkat menggunakan *overhead crane* kemudian

diletakkan pada platform *transfer car*.

3. Operator memastikan posisi material berada pada titik pusat beban.
 4. Operator mengaktifkan panel kontrol.
 5. Motor listrik menggerakkan *gearbox*.
 6. Putaran diteruskan melalui rantai dan *sprocket* menuju roda penggerak.
 7. *Transfer car* bergerak menuju lokasi tujuan.
 8. Setelah mencapai tujuan, motor dimatikan dan material dipindahkan menggunakan *overhead crane*.
5. Analisis operasional konsep desain

Detail skor dari analisis operasional mesin masing masing konsep desain dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut

Tabel 4.1 Penilaian Operasional

No	Operasional	Konsep desain							
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Exsisting	
		Ket	Skor	Ket	Skor	Ket	Skor	Ket	Skor
1.	Jumlah Operasional	8 langkah	3	7 langkah	3	8 langkah	3	7 langkah	2
2.	Efisiensi proses	Baik	3	Cukup baik	2	Baik	3	Cukup baik	2
Total skor		6		5		6		4	

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Berdasarkan hasil analisis kriteria operasional pada masing masing konsep desain didapatkan hasil dengan nilai konsep 1 dan 3 mendapatkan nilai tertinggi dengan jumlah 6 point.

4.4.4 Penetapan Konsep Desain Terpilih

Pada tahap ini dilakukan pemilihan satu konsep desain terbaik berdasarkan hasil evaluasi dari seluruh kriteria yang telah dibahas sebelumnya. Mengingat jumlah alternatif konsep desain yang diajukan hanya tiga, maka tahap penyaringan konsep (*concept screening*) tidak diperlukan dan proses langsung dilanjutkan ke tahap penilaian konsep (*concept scoring*) menggunakan matriks penilaian. Setelah dilakukan

evaluasi dari aspek perawatan, manufaktur, dan operasional, selanjutnya ditentukan nilai bobot dan skor masing-masing konsep dalam matriks penilaian sebagai dasar penentuan konsep desain terpilih. Konsep desain yang terpilih kemudian akan dikembangkan lebih lanjut menjadi desain akhir *transfer car* yang diharapkan mampu mendukung proses mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya secara lebih efisien dan aman. Berikut merupakan tabel kriteria penilaian dan pemilihan konsep desain:

Tabel 4.10 Keterangan Ulasan dari Kriteria Seleksi

Kriteria Seleksi	Bobot	Keterangan
Perawatan	35 %	Bobot 35% diberikan karena desain yang dibuat diharapkan memiliki desain yang mudah dirawat dan diperiksa, serta meminimalkan waktu <i>downtime</i> .
Manufaktur	30 %	Bobot 30% diberikan karena kemudahan proses manufaktur berpengaruh terhadap efisiensi fabrikasi, biaya, dan waktu pembuatan <i>transfer car</i> .
Operasional	35 %	Bobot 35% diberikan karena desain harus memenuhi kebutuhan operasional <i>workshop</i> , seperti kemudahan pengoperasian, stabilitas, dan keamanan selama proses mobilisasi komponen..

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Bobot yang didapatkan pada kriteria seleksi berdasarkan kuisioner dan dengan kepala staf engineer dan enginer di perusahaan. Setelah penetapan bobot untuk setiap kriteria seleksi dilakukan, langkah selanjutnya adalah menentukan konsep desain berdasarkan nilai yang diperoleh dalam matriks penilaian. Rincian nilai atau rating dari matriks penilaian tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 4.11 Keterangan Rate Pemilihan Konsep

Skor	Keterangan
1	Konsep baru jauh lebih buruk dari konsep <i>existing product</i>
2	Konsep baru lebih buruk dari konsep <i>existing product</i>
3	Konsep baru sama dari konsep <i>existing product</i>
4	Konsep baru lebih baik dari konsep <i>existing product</i>
5	Konsep baru jauh lebih baik dari konsep <i>existing product</i>

Tahap selanjutnya melakukan penilaian dari setiap konsep desain untuk mendapatkan desain terbaik dalam penelitian ini. Berikut

tabel penilaian seperti Tabel 4.12 di bawah ini :

Tabel 4.12 Penilaian Konsep Desain

Matriks Pemilihan Konsep									
Kriteria	bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Exsisting	
		Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor
Manufaktur	30%	5	1,5	3	0,90	4	1,2	3	0,90
Operasional	35%	5	1,75	4	1,4	4	1,4	3	1,05
Perawatan	35%	4	1,4	5	1,75	4	1,4	3	1,05
Nilai absolut		13	4,6	12	4,05	12	4	9	3,00
Nilai relatif (%)		29,62		25,80		25,48		19,11	
Ranking		1		2		3		4	

Berdasarkan hasil analisis pada ketiga aspek kebutuhan, maka diperoleh hasil bahwa konsep desain 1 memiliki nilai relatif tertinggi dibandingkan konsep desain lainnya. Dengan demikian, konsep desain 1 dipilih sebagai alternatif yang paling layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

4.5 Perhitungan Konstruksi Awal

Dengan telah ditentukannya konsep desain terpilih, proses dilanjutkan ke tahap perhitungan konstruksi untuk mendapatkan spesifikasi komponen utama dari hasil varian terpilih. Perhitungan ini meliputi penentuan beban desain, jenis pembebanan, material rangka, faktor keamanan, dan profil baja yang akan digunakan sebagai desain awal sebelum dilakukan analisis kekuatan struktur.

4.5.1 Penentuan Beban Desain

Beban desain merupakan beban maksimum yang direncanakan dapat diterima oleh *transfer car* selama beroperasi. Penentuan beban desain dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara di PT. Pelangi Indokarya mengenai berat maksimum komponen yang dipindahkan antar *workshop*. Berdasarkan wawancara yang telah dilakukan, beban untuk kapasitas angkut adalah 7000 kg. Untuk menghitung gaya pembebanan yang terjadi menggunakan Persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$W = m \times g$$

$$W = 7000 \times 9,81$$

$$W = 68.670 \text{ N}$$

Setelah menghitung gaya untuk melakukan simulasi maka perlu dihitung pembebanan desain. Berdasarkan kondisi operasional aktual di PT. Pelangi Indokarya dan rekomendasi pembimbing lapangan, beban yang bekerja pada rangka *transfer car* diasumsikan sebagai beban merata (*Uniformly Distributed Load/UDL*). Asumsi ini digunakan karena beban komponen disalurkan melalui *platform transfer car* yang terdiri atas plat bordes dan balok melintang sehingga distribusi beban menuju balok utama menjadi relatif merata. Pada perancangan ini, beban dinamis diperhitungkan melalui $N = 1,5$. Untuk menghitung pembebanan desain dapat menggunakan Persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$P_{desain} = W \times N$$

$$P_{desain} = 68.670 \times 1,5$$

$$P_{desain} = 103.005 \text{ N}$$

Dengan demikian, beban desain sebesar 103.005 N didapatkan dan struktur *main beam* diharapkan mampu menahan beban dinamis atau beban kejut yang terjadi pada *transfer car*. Kemudian menghitung beban merata seperti berikut:

$$q = \frac{W}{L}$$

$$q = \frac{103.005}{3074}$$

$$q = 33,51 \text{ N/mm}$$

Dengan demikian, beban merata sebesar 33,51 N/mm. Selanjutnya mencari dimensi profil untuk rangka *transfer car*.

4.5.2 Pemilihan Profil Rangka

Pemilihan profil baja dilakukan berdasarkan hasil perhitungan konstruksi awal dengan mempertimbangkan

kemampuan penampang dalam menahan beban kerja yang direncanakan. Parameter dasar yang digunakan dalam proses seleksi meliputi beban merata sebesar 33,51 N/mm, tegangan izin material sebesar 50 MPa, dan defleksi izin sebesar 3,46 mm. Nilai tersebut diperoleh dari beban desain 103.005 N, material ASTM A36, serta faktor keamanan sebesar 5. Seperti pada tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Pemilihan Baja Profil

NO	Profil <i>Wf</i>	Berat (kg/m)	q (N/mm)	σ_{ijin}	δ_{maks}	σ_{maks}	δ_{maks}	Ket.
1	<i>WF</i> 150 × 150 × 7 × 10	31,5	33,51	50	3,46	127,3 MPa	14,82 mm	Tidak memenu hi
2	<i>WF</i> 200 × 200 × 8 × 12	49,9	33,51	50	3,46	71,6 MPa	5,64 mm	Tidak memenu hi
3	<i>WF</i> 250 × 250 × 9 × 14	72,4	33,51	50	3,46	45,81 MPa	2,89 mm	Memenu hi

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Berdasarkan Tabel 4.13, dilakukan evaluasi terhadap beberapa alternatif profil Wide Flange (WF). Profil *WF* 150 × 150 × 7 × 10 dan *WF* 200 × 200 × 8 × 12 belum memenuhi persyaratan kekuatan dan kekakuan berdasarkan hasil analisis, sehingga tidak dipilih sebagai rangka utama. Sementara itu, profil *WF* 250 × 250 × 9 × 14 memenuhi seluruh kriteria yang telah ditetapkan, selain memenuhi hasil perhitungan, profil *WF* 250 × 250 × 9 × 14 dipilih karena memiliki kekakuan yang lebih tinggi, sehingga mampu mengurangi lendutan rangka selama proses pemindahan material.

4.6 Perancangan dan Perhitungan Komponen Konsep Terpilih

Dengan telah ditentukannya berat konstruksi, proses dilanjutkan ke tahap perhitungan untuk mendapatkan spesifikasi komponen dari hasil varian terpilih. digunakan sebagai dasar dalam pengembangan konsep desain *transfer car* sebagai berikut:

1. Kapasitas angkut 7000 kg
2. $v = 0,167$ m/s
3. Material rangka = SS-400/ ASTM A-36

4.6.1 Perhitungan Gaya Traksi

Gaya traksi merupakan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan *transfer car* beserta beban yang diangkut di atas lintasan rel. Besarnya gaya traksi dipengaruhi oleh beban total yang diterima *transfer car* dan hambatan gulir antara roda baja dengan rel baja. Dalam perancangan ini, *transfer car* dirancang untuk mengangkut beban maksimum sebesar 103.005 N. Sehingga *transfer car* menggunakan roda baja yang bergerak di atas rel baja, maka digunakan koefisien hambatan gulir sebesar:

$$\mu = 0,02$$

Nilai tersebut merupakan nilai konservatif untuk roda baja di atas rel baja pada kondisi operasi *transfer car* industri di lingkungan *workshop*. Gaya traksi dihitung menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$F_t = \mu \times W_t$$

$$F_t = 0,02 \times 103.005$$

$$F_t = 2.060,1 \text{ N}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa *transfer car* membutuhkan gaya traksi sebesar 2.060,1 N. Nilai gaya traksi selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan torsi roda, pemilihan *gearbox*, daya motor penggerak, serta dimensi poros

dan pemilihan *bearing* sehingga sistem penggerak mampu bekerja sesuai kebutuhan operasional.

4.6.2 Perhitungan Torsi

Torsi roda merupakan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan *transfer car* di atas lintasan rel. Untuk menghitung torsi pada berat *transfer car* dan radius poros yang digunakan untuk mengangkat beban.

Diameter roda yang digunakan adalah 250 mm, berdasarkan beban desain sebesar 103.005 N, beban yang diterima setiap roda adalah sekitar 25.751 N atau 2,63 ton dengan asumsi distribusi beban merata pada empat roda. Untuk menghitung torsi roda dapat menggunakan Persamaan 2.4 sebagai berikut:.

$$T = Ft \times r$$

$$T = 2.060,1 \times 0,125$$

$$T = 257.510 \text{ N.mm}$$

4.6.3 Perhitungan Putaran Roda (RPM)

Putaran roda (*Revolutions Per Minute* atau RPM) dihitung untuk mengetahui jumlah putaran roda setiap menit pada kecepatan operasi *transfer car* yang telah ditentukan. Nilai RPM ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan rasio reduksi *gearbox* dan pemilihan motor penggerak. Untuk menghitung kecepatan putaran roda (RPM) bisa diketahui dengan persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$N = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D}$$

Dimana:

N = Kecepatan putaran roda

v = Kecepatan linier pengangkatan (m/s)

D = Diameter roda (0,125 mm)

Maka,

$$N = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} \times 60$$

$$N = \frac{0,167}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,125} \times 60$$

$$N = 12,76 \text{ RPM}$$

4.6.4 Perhitungan Gearbox

Gearbox merupakan komponen transmisi yang berfungsi untuk menurunkan putaran motor sekaligus meningkatkan torsi sehingga sesuai dengan kebutuhan sistem penggerak *transfer car*. Pada penelitian ini, penentuan rasio *gearbox* dilakukan berdasarkan perbandingan antara putaran motor listrik dan putaran roda yang dibutuhkan agar *transfer car* dapat bergerak pada kecepatan sebesar 0,167 m/s.

Sebelum memilih *gearbox* dari katalog, terlebih dahulu dihitung kebutuhan rasio reduksi agar spesifikasi *gearbox* yang dipilih sesuai dengan kebutuhan operasi *transfer car*. Rasio *gearbox* dihitung dengan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$i = \frac{N_m}{N_r}$$

Dimana:

i = rasio reduksi *gearbox*

N_m = putaran motor (rpm)

N_r = putaran roda (rpm)

Maka,

$$i = \frac{1450}{12,76}$$

$$i = 113,64$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan rasio *gearbox* adalah sebesar 113,64 : 1. Karena rasio tersebut tidak tersedia pada katalog *gearbox* standar, maka dipilih dengan rasio

110 : 1 sebagai alternatif yang paling mendekati hasil perhitungan. Rasio tersebut dipilih karena mampu menghasilkan putaran keluaran yang sesuai dengan kebutuhan operasi *transfer car* serta meningkatkan torsi keluaran. Pemilihan rasio tersebut kemudian diverifikasi kembali dengan menghitung putaran keluaran gearbox menggunakan perhitungan berikut:

$$N_{out} = \frac{1450}{110}$$

$$N_{out} = 13,18 \text{ RPM}$$

Sehingga dari perhitungan diatas, maka putaran roda menjadi 13,18 RPM. Spesifikasi pada katalog *gearbox* tersebut kemudian digunakan sebagai dasar dalam menentukan daya motor yang mampu menghasilkan torsi sesuai kebutuhan sistem penggerak *transfer car*. Seperti pada tabel 4.14 sebagai berikut.

Tabel 4.14 Tabel Spesifikasi Motor Listrik

No	Parameter	Spesifikasi
1	Jenis	Helical Inline <i>Gearbox</i> seri R dari sew-eurodrive
2	Rasio	1:110
3	Putaran input	1450 rpm
4	Putaran Output	12.07 rpm
5	Efisiensi	90%

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Efisiensi sistem sebesar **90%** sebagai asumsi desain untuk memperhitungkan rugi daya pada sistem transmisi yang terdiri atas *helical inline gearbox*, *bearing*, dan sambungan poros. Nilai tersebut dipilih sebagai asumsi desain yang konservatif dan masih berada dalam kisaran efisiensi sistem transmisi mekanik yang umum digunakan pada aplikasi *material handling*.

Tahap terakhir sistem transmisi menggunakan sprocket dan rantai yang berfungsi menurunkan putaran keluaran *gearbox* hingga

diperoleh putaran roller sesuai kebutuhan. Besarnya rasio sprocket dihitung berdasarkan sisa rasio transmisi yang belum dipenuhi oleh *gearbox*.

4.6.5 Perhitungan Daya Motor Penggerak

Motor penggerak merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan *transfer car* melalui sistem transmisi berupa *gearbox* dan poros penggerak. Penentuan daya motor dilakukan untuk memastikan bahwa motor yang dipilih mampu menghasilkan tenaga yang cukup dalam menggerakkan *transfer car* sesuai kapasitas angkut yang telah direncanakan. Untuk menghitung daya yang dibutuhkan menggunakan persamaan 2.6 seperti dibawah:

Diketahui:

$$F_t = 2.060,1 \text{ N}$$

$$V = 0,167 \text{ m/s}$$

Maka,

$$P = \frac{F_t \times v}{1000}$$

$$P = \frac{2.060,1 \times 0,167}{1000}$$

$$P = 0,344 \text{ kW}$$

Karena terdapat rugi-rugi daya pada sistem transmisi, maka digunakan efisiensi sistem sebesar 90%. Maka perhitungan daya motor aktual dapat dihitung dengan persamaan 2.7 berikut:

$$P_{motor} = \frac{P}{\eta}$$

$$P_{motor} = \frac{0,344}{0,90}$$

$$P_{motor} = 0,382 \text{ kW}$$

Penggunaan efisiensi 90% merupakan pendekatan yang umum digunakan dalam tahap perancangan ketika data efisiensi aktual dari setiap komponen belum tersedia. Dengan mempertimbangkan efisiensi sistem, daya motor yang dipilih diharapkan mampu memenuhi kebutuhan operasi *transfer car* secara aman. Dalam perhitungan daya motor digunakan safety factor sebesar 1,5 untuk mengakomodasi beban awal (*starting load*), rugi-rugi transmisi, serta variasi kondisi operasi pada sistem *transfer car*. Pemilihan nilai ini didasarkan pada praktik perancangan sistem *material handling* dan bukan merupakan ketentuan khusus dalam Permenaker No. 8 Tahun 2020. Permenaker mengatur persyaratan keselamatan dan kekuatan komponen, sedangkan penentuan cadangan daya motor merupakan bagian dari pertimbangan rekayasa dalam proses desain, seperti pada perhitungan berikut:

$$P_d = P_{motor} \times f_c$$

$$P_d = 0,382 \times 1,25$$

$$P_d = 0,477 \text{ kW}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa daya motor yang dibutuhkan adalah 0,477 kW. Namun, nilai tersebut tidak tersedia sebagai ukuran standar motor listrik di pasaran. Oleh karena itu, dipilih motor listrik dengan daya 0.75 kW sebagai ukuran standar yang paling mendekati dan memiliki kapasitas lebih besar daripada kebutuhan hasil perhitungan.

Pemilihan motor 0.75 kW dilakukan untuk memastikan motor mampu menghasilkan daya yang cukup selama proses pengoperasian *transfer car*, terutama pada saat kondisi awal bergerak (*starting*), ketika membawa beban maksimum sebesar 103.005 N, serta untuk mengantisipasi adanya rugi-rugi mekanis yang tidak sepenuhnya diperhitungkan dalam perhitungan teoritis.

Dengan demikian, di pilih motor AC induksi tiga fasa SEW-EURODRIVE DRN80M4 dengan daya 0,75 kW sebagai rating standar terdekat yang lebih besar dari kebutuhan. Motor ini dipadukan dengan helical inline gear unit R67 berasio 110:1 sehingga menghasilkan putaran keluaran sekitar 13,18 rpm. Pemilihan motor 0,75 kW memberikan cadangan daya yang memadai untuk mengatasi rugi-rugi transmisi dan variasi beban selama operasi *transfer car*, sehingga sistem penggerak bekerja dengan aman dan andal. Dengan spesifikasi pada tabel 4.15 sebagai berikut.

Tabel 4.15 Spesifikasi *Gearbox*

No	Parameter	Nilai
1.	Jenis Motor	AC Induction Motor-SEW-EURODRIVE
2.	Daya Motor	0,75 kW
3.	Putaran Motor	1450 rpm
4.	Frekuensi	50 Hz
5.	Tegangan	380–415 V

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.6.6 Perhitungan Poros

Poros merupakan elemen mesin yang berfungsi meneruskan torsi dari *gearbox* menuju roda penggerak. Oleh karena itu, diameter poros harus dirancang agar mampu menahan tegangan puntir yang terjadi selama *transfer car* beroperasi. Perhitungan diameter poros pada perancangan ini mengacu pada Sularso dan Suga (2004). Sebelumnya diketahui untuk nilai torsi yang telah dihitung adalah 257.510 N/mm atau 26.250 kgf.mm. Material poros yang digunakan adalah baja karbon sedang S45C.

Kemudian menghitung tegangan geser yang diijinkan (kg/mm^2) dapat diketahui dari persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_B}{Sf1 \times Sf2}$$

Dimana:

$Sf1$: Faktor keamanan yang tergantung pada jenis material (6)

$Sf2$: Faktor keamanan yang tergantung dari bentuk poros (2)

Maka:

$$\tau\alpha = \frac{58}{6 \times 2}$$

$$\tau\alpha = 4,83 \text{ kg/mm}^2$$

Kemudian menghitung diameter poros yang dibutuhkan dapat diketahui dari persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$ds = \left(\frac{5,1}{\tau\alpha} \times Kt \times Km \times T \right)^{1/3}$$

$$ds = \left(\frac{5,1}{4,83} \times 1,5 \times 1,5 \times 26.250 \right)^{1/3}$$

$$ds = 39,66 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan teori Sularso dan Suga, diperoleh diameter minimum poros sebesar 39,66 mm. Untuk memudahkan proses manufaktur dan memperoleh ukuran yang tersedia di pasaran, dipilih diameter poros standar 40 mm. Untuk menyesuaikan ukuran standar yang tersedia di pasaran.

4.6.7 Pemilihan *Bearing*

Bearing berfungsi menopang poros dan mengurangi gesekan saat poros berputar. Pemilihan *bearing* dilakukan berdasarkan diameter poros hasil perhitungan agar sesuai dengan kebutuhan sistem penggerak *transfer car*.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh diameter poros sebesar 40 mm, sehingga dipilih *Deep Groove Ball Bearing* tipe 6208 yang memiliki diameter dalam sesuai dengan ukuran poros. Selain sesuai dengan dimensi poros, *bearing* ini memiliki kapasitas beban dinamis

sebesar sekitar 29,5 kN dan kapasitas beban statis sebesar sekitar 17,8 kN, sehingga mampu menahan beban kerja yang diterima poros. *Bearing* juga memiliki batas putaran hingga sekitar 9.000 rpm *Bearing* ini dipilih karena mampu menahan beban radial yang dominan pada sistem *transfer car* dengan kecepatan putaran rendah sekitar 13,18 rpm, sehingga *bearing* bekerja jauh di bawah batas putaran maksimumnya. Dengan demikian, *bearing* tipe 6208 memenuhi persyaratan dimensi, kapasitas beban, dan kondisi operasi sehingga layak digunakan pada sistem penggerak *transfer car*. Dengan spesifikasi pada tabel 4.16 sebagai berikut.

Tabel 4.16 Spesifikasi *Bearing*

No	Parameter	Spesifikasi
1.	Tipe <i>Bearing</i>	<i>Deep Groove Ball Bearing</i>
2.	Nomor <i>Bearing</i>	6208
3.	Diameter Dalam (d)	40 mm
4.	Diameter Luar (D)	80 mm
5.	Lebar (B)	18 mm
6.	<i>Dynamic Load Rating (C)</i>	$\pm 29,5$ kN
7.	<i>Static Load Rating (C₀)</i>	$\pm 17,8$ kN
8.	<i>Limiting Speed (Grease)</i>	± 9.000 rpm
9.	<i>Limiting Speed (Oil)</i>	± 11.000 rpm
10.	Berat	$\pm 0,37$ kg

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

4.7 Analisis Kekuatan Struktur

Analisa dilakukan terhadap rangka *transfer car* untuk mengetahui jika rangka sudah kokoh untuk menahan pembebanan. Analisis dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360 dan perhitungan manual. Desain ini menggunakan plat ketebalan 4,5 mm dan profil *WF* ASTM A36 berukuran 250 mm x 250 mm x 9 mm x 14 mm. Pada Tabel 4.17 menunjukkan sifat-sifat fisik dari material ASTM A36.

Tabel 4.17 Sifat Fisik Material ASTM A36

Parameter	Keterangan
<i>Material</i>	ASTM A36
<i>Modulus Elastisitas (E)</i>	200.000 Mpa (N/mm ²)
<i>Density</i>	7,85 g/cm ³
<i>Yield strength</i>	250 Mpa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	400 – 550 Mpa
<i>Modulus of Elasticity</i>	200 Gpa
<i>Bulk Modulus</i>	140 Gpa
<i>Poisson;s Ratio</i>	0,260
<i>Shear Modulus</i>	79,3 Gpa

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Data spesifikasi kekuatan material ASTM A36 diatas menunjukkan bahwa yield strength bernilai 250 Mpa dan Ultimate Tensile 400 Mpa, selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *stress* yang terjadi pada *transfer car* dengan profil WF 250X250. Hasil simulasi harus memastikan *stress* yang diperoleh kurang dari tegangan ijin. Perhitungan tegangan ijin pada rangka menggunakan persamaan 2.21

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_y}{Sf} (Mpa)$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{250}{5}$$

$$\sigma_{ijin} = 50 Mpa$$

Dari hasil persamaan tersebut, diketahui bahwa nilai tegangan yang diizinkan adalah 50 Mpa. Faktor keselamatan yang digunakan adalah 5 (berdasarkan Permenaker No. 08 tahun 2020). Sedangkan untuk beban pada *transfer car* memiliki beban 103.005 N dan struktur *transfer car* diharapkan mampu menahan beban dinamis atau beban kejut yang terjadi pada *transfer car*.

4.7.1 Perhitungan Stress

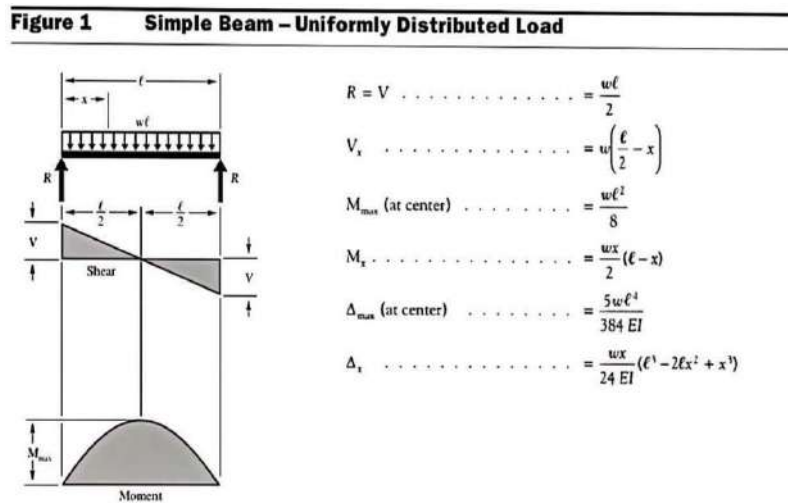
Perhitungan *stress* yang dilakukan sebagai berikut:

A. Momen Lentur

Perhitungan Tegangan lentur dilakukan untuk mengetahui kemampuan *main beam* dalam menahan beban kerja maksimum yang diterima selama *transfer car* beroperasi. Beban kerja diasumsikan

terdistribusi secara merata pada tiga buah *main beam* melalui *plat bordes* dan *cross beam*, sesuai dengan kondisi aktual dimana komponen yang diangkut diletakkan di seluruh permukaan platform.

Selanjutnya perhitungan momen lentur akibat beban merata dapat dihitung menggunakan persamaan 2.22 berdasarkan gambar 4.6 sebagai berikut.



Gambar 4. 6 Diagram Acuan Perhitungan Momen Lentur (Ormulas et al., 2005)

$$\begin{aligned}
 M_{maks} &= \frac{q \times L^2}{8} \\
 M_{maks} &= \frac{33,51 \times 3074^2}{8} \\
 M_{maks} &= 39.581.492,59 \text{ N. mm}
 \end{aligned}$$

B. Modulus Penampang Minimum

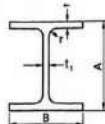
Modulus penampang merupakan salah satu sifat geometri penampang yang menunjukkan kemampuan suatu profil dalam menahan momen lentur. Nilai modulus penampang digunakan untuk menentukan apakah profil baja yang dipilih mampu menahan tegangan akibat pembebanan kerja yang terjadi pada *main beam transfer car*. Nilai ini berguna untuk menentukan ukuran minimum penampang terhadap beban yang diterimanya. Perhitungan modulus penampang minimum (Z) adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 m_{aks} &= \sigma_{ijin} \cdot Z \\
 M_{maks} &= \frac{\sigma_y}{S_f} \cdot Z \\
 39.581.492,59 &= \frac{250}{5} \cdot Z \\
 Z_{min} &= 791.629,85 \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini, *main beam* menggunakan profil Wide Flange (*WF*) $250 \times 250 \times 9 \times 14$ dengan material ASTM A36. Data sifat penampang, seperti luas penampang, momen inersia, dan modulus penampang, diperoleh dari katalog profil konstruksi baja sehingga tidak dilakukan perhitungan geometri penampang secara manual. Berdasarkan katalog profil konstruksi baja oleh Ir. Rudy Gunawan, pada katalog *WF* $250 \times 250 \times 7 \times 14$ yang dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:

Wide Flange Shapes

(Metric Series)-Continued



Section Index	Weight kg/m	Depth of Section (A) mm	Flange Width (B) mm	Thickness		Corner Radius (r) mm	Sectional Area cm²	Moment of Inertia		Radius of Gyration		Modulus of Section	
				Web (t_w) mm	Flange (t_f) mm			J_x cm⁴	J_y cm⁴	i_x cm	i_y cm	Z_x cm³	Z_y cm³
250 x 250	82.2	250	255	14	14	16	104.7	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
	72.4	250	250	9	14	16	92.18	10,800	3,650	10.6	6.29	867	282
	66.5	248	249	8	13	16	84.70	9,930	3,350	10.8	6.29	801	269
	64.4	244	252	11	11	16	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
250 x 175	44.1	244	175	7	11	16	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250 x 125	29.6	250	125	6	9	12	37.66	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0
	25.7	248	124	5	8	12	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1
200 x 200	65.7	208	202	10	16	13	83.69	6,530	2,200	8.83	5.13	628	218
	56.2	200	204	12	12	13	71.53	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167
	49.9	200	200	8	12	13	63.53	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160
200 x 150	30.6	194	150	6	9	13	39.01	2,690	507	8.30	3.61	277	67.6
200 x 100	21.3	200	100	5.5	8	11	27.16	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8
	18.2	198	99	4.5	7	11	23.18	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0
175 x 175	40.2	175	175	7.5	11	12	51.21	2,880	984	7.50	4.38	330	112
175 x 125	23.3	169	125	5.5	8	12	29.65	1,530	261	7.18	2.97	181	41.8
175 x 90	18.1	175	90	5	8	9	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
150 x 150	31.5	150	150	7	10	11	40.14	1,640	563	6.39	3.75	219	75.1

Gambar 4.7 Nilai Modulus penampang Berdasarkan Katalog WF 250X250 (Ir. Rudy Gunawan,1987)

C. Koordinat Titik Tengah

Koordinat titik tengah dari profil *WF* 250 mm x 250 mm dapat dicari dengan cara membagi 2 dimensi

tinggi dan lebarnya, yaitu sebagai berikut:

$$y = \frac{250}{2}$$

$$y = 125$$

$$x = \frac{250}{2}$$

$$x = 125$$

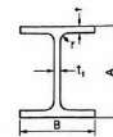
D. Momen Inersia

Momen inersia merupakan salah satu sifat penampang yang menunjukkan kemampuan struktur dalam menahan pembebanan lentur. Nilai momen inersia digunakan sebagai parameter dalam perhitungan tegangan lentur yang terjadi pada *main beam*. Momen inersia dihitung berdasarkan jenis geometri yang ada pada penampang, geometri yang digunakan yaitu *WF 250 × 250 × 9 × 14* Maka untuk mencari momen inersia dapat menggunakan nilai dari katalog *WF* seperti pada gambar 4.8 sebagai berikut.

Wide Flange Shapes

(Metric Series)-Continued

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
250 × 250	82.2	250	255	14	14	16	104.7	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
	72.4	250	250	9	14	16	92.18	10,800	3,650	10.6	6.29	867	292
	66.5	248	249	8	13	15	84.70	9,930	3,350	10.6	6.29	801	269
	64.4	244	252	11	11	15	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
250 × 175	44.1	244	175	7	11	16	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250 × 125	29.6	250	125	6	9	12	37.66	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0
	25.7	248	124	5	8	12	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1
200 × 200	65.7	208	202	10	16	13	83.69	6,530	2,200	8.83	5.13	628	218
	56.2	200	204	12	12	13	71.53	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167
	49.9	200	200	8	12	13	63.53	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160
200 × 150	30.6	194	150	6	9	13	39.01	2,690	507	8.30	3.61	277	67.6
200 × 100	21.3	200	100	5.5	8	11	27.16	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8
	18.2	198	99	4.5	7	11	23.18	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0
175 × 175	40.2	175	175	7.5	11	12	51.21	2,880	984	7.50	4.38	330	112
175 × 125	23.3	169	125	5.5	8	12	29.85	1,530	261	7.18	2.97	181	41.8
175 × 90	18.1	175	90	5	8	9	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
150 × 150	31.5	150	150	7	10	11	40.14	1,640	563	6.39	3.75	219	75.1



Gambar 4.8 Nilai Momen Inersia Berdasarkan Katalog WF 250X250 (Ir. Rudy Gunawan,1987)

Nilai momen inersia penampang profil *WF* 250 x 250 yaitu 108.000.000 mm^4 . Untuk menguji kelayakan atas kekuatan profil ini, maka modulus penampangnya diambil dari katalog diatas dan akan dibandingkan dengan modulus penampang minimum sebagai berikut.

$$Z_{min} = Z_{profil}$$

$$791.629,85 = 867.000$$

$$791.629,85 \text{ mm}^3 < 867.000 \text{ mm}^3$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai modulus penampang profil *WF* 250 x 250 melebihi nilai dari modulus penampang minimum.

E. *Stress Pada Transfer Car*

Nilai tegangan maksimum pada struktur *Transfer Car* ditentukan setelah seluruh parameter yang diperlukan dalam persamaan telah diketahui. Selanjutnya, perhitungan tegangan maksimum dilakukan menggunakan persamaan 2.23 sebagai berikut.

$$\sigma_{maks} = \frac{M_{maks.y}}{I_x} \text{ (MPa)}$$

$$\sigma_{maks} = \frac{39.581.492,59 \cdot 125}{108.000.000}$$

$$\sigma_{maks} = 45,81 \text{ MPa}$$

Stress yang terjadi pada *transfer car* dengan profil *WF* 250 x 250 yaitu 45,81 Mpa dengan allowable *stress* yaitu 50 Mpa. Dapat disimpulkan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi dari tegangan yang diizinkan dan hal ini dapat diartikan bahwa struktur yang digunakan aman. Bentuk matematisnya dapat disimpulkan sebagai berikut.

$$45,81 \text{ Mpa} \leq 50 \text{ Mpa}, \sigma_{maks} \leq \sigma_{ijin}$$

F. *Safety Factor*

Perhitungan *safety factor* dilakukan untuk mengevaluasi

tingkat keamanan struktur serta mengetahui apakah desain yang dirancang termasuk *over design*, *optimum design*, atau *under design*. Nilai *safety factor* dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 M_{maks} &= \sigma_{ijin} \times Z \\
 M_{maks} &= \frac{\sigma_y}{S_f} \times \frac{I_{xx}}{y} \\
 39.581.492,59 &= \frac{250}{S_f} \times \frac{108.000.000}{125} \\
 S_f &= 5,46
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai *safety factor* aktual rangka *transfer car* adalah 5,46. Nilai tersebut lebih besar dari faktor keamanan minimum yang direncanakan yaitu 5, sesuai PERMENAKER No. 8 Tahun 2020, sehingga profil *WF* 250 x 250 x 9 x 14 mm dengan material ASTM A36 dinyatakan aman menahan beban operasional.

$$S_f = 5,46 \geq 5$$

4.7.2 Perhitungan Defleksi

Analisis defleksi dilakukan untuk mengevaluasi kekakuan struktur pada *transfer car* akibat pembebanan kerja. Besarnya defleksi maksimum yang terjadi harus berada di bawah batas defleksi yang diizinkan agar struktur tetap aman dan berfungsi dengan baik selama proses operasi. Oleh karena itu, langkah pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai defleksi ijin berdasarkan ketentuan yang berlaku. Selanjutnya, perhitungan tegangan maksimum dilakukan menggunakan persamaan 2.24 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 \delta_{ijin} &= \frac{L}{888} \\
 \delta_{ijin} &= \frac{3074}{888} \\
 \delta_{ijin} &= 3,46 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan Permenaker Nomor 8 Tahun 2020 Pasal 29, batas defleksi untuk batang penyangga jenis tunggal adalah sebesar

L/888. Sehingga diperoleh dari persamaan diatas untuk nilai defleksi ijin sebesar 3,46 mm.

- **Defleksi Maksimum Pada *Transfer Car***

Setelah defleksi ijin ditemukan, maka defleksi maksimal harus diperhitungkan untuk mengetahui kekuatan struktur yang digunakan. Perhitungan defleksi maksimal menggunakan tabel 4.18 sebagai acuan nilai modulus elastisitas (E) sebagai berikut.

L/888. Sehingga diperoleh dari persamaan diatas untuk nilai defleksi ijin sebesar 3,46 mm.

- **Defleksi Maksimum Pada *Transfer Car***

Setelah defleksi ijin ditemukan, maka defleksi maksimal harus diperhitungkan untuk mengetahui kekuatan struktur yang digunakan. Perhitungan defleksi maksimal menggunakan tabel 4.18 sebagai acuan nilai modulus elastisitas (E) sebagai berikut.

Tabel 4.18 Material ASTM A36

Parameter	Keterangan
<i>Material</i>	ASTM A36
<i>Modulus Elastisitas (E)</i>	200.000 Mpa (N/mm ²)
<i>Density</i>	7,85 g/cm ³
<i>Yield strength</i>	250 Mpa
<i>Ultimate Tensile Strength</i>	400 – 550 Mpa
<i>Modulus of Elasticity</i>	200 Gpa
<i>Bulk Modulus</i>	140 Gpa
<i>Poisson;s Ratio</i>	0,260
<i>Shear Modulus</i>	79,3 Gpa

Sumber:Dokumentasi Pribadi, 2026

$$\delta_{maks} = \frac{P.L^3}{48.E.I}$$

$$\delta_{maks} = \frac{103.005 \cdot 3074^3}{48 \cdot 200.000 \cdot 108.000.000}$$

$$\delta_{maks} = 2,89 \text{ mm}$$

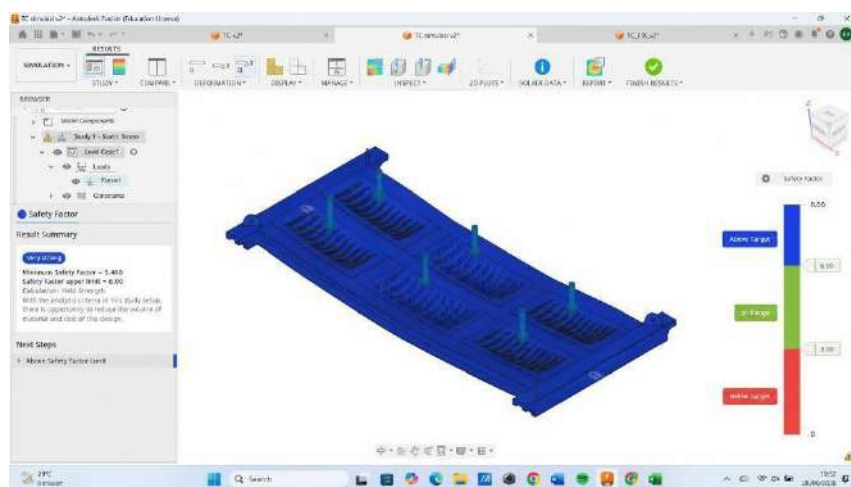
Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh defleksi maksimum sebesar 2,89 mm, sedangkan batas defleksi yang diizinkan adalah 3,46 mm. Dapat disimpulkan bahwa defleksi yang terjadi tidak melebihi dari defleksi yang diizinkan dan hal ini dapat diartikan bahwa struktur yang digunakan aman. Bentuk matematisnya dapat disimpulkan sebagai berikut.

$$3,46 \text{ mm} \geq 2,89 \text{ mm}, \delta_{ijin} \geq \delta_{maks}$$

4.7.3 Analisa Software

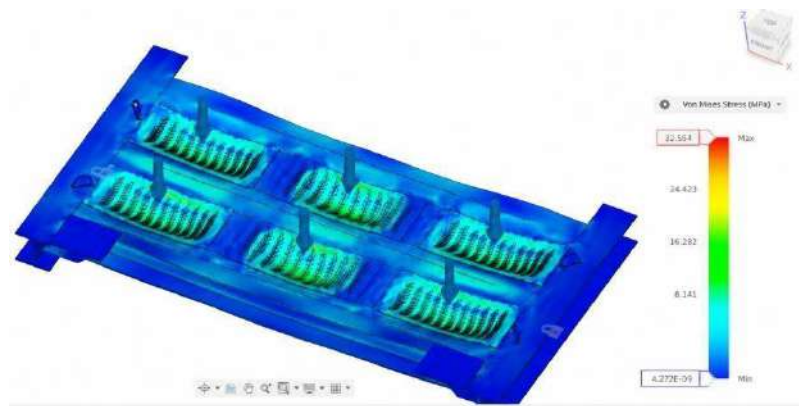
Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap kerangka konsep desain *transfer car*. Analisa dilakukan dengan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360. Analisis *software* digunakan untuk mengevaluasi kekuatan rangka dari desain yang telah direncanakan. Material yang digunakan menggunakan Steel ASTM A36. Load diletakkan pada atas rangka *transfer car* sebesar 103.005 N. *Safety Factor* yang digunakan Adalah 5 karena bahan yang sudah diketahui.

Struktur rangka disimulasikan menggunakan *software* Autodesk Fusion 360, dan hasilnya terlihat pada Gambar 4.9 sebagai berikut:



Gambar 4.9 Analisa pada Rangka Menggunakan *Software* Fusion 360

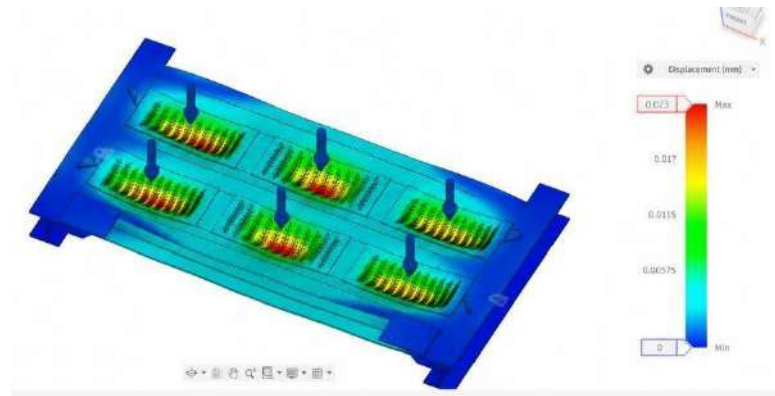
tegangan maksimum pada rangka yaitu sebesar 32,564 MPa, apabila dibandingkan dengan perhitungan tegangan maksimum maka hasil tersebut masih dikatakan aman karena tegangan maksimum hasil simulasi lebih kecil daripada tegangan ijin material ($32,564 \text{ MPa} < 50 \text{ MPa}$).



Gambar 4.10 Analisa *Stress* pada Rangka Menggunakan *Software* Fusion 360

Untuk hasil defleksi didapatkan nilai maksimal sebesar 0,023 mm dan nilai defleksi ijin sebesar 3,46 mm yang dapat dilihat dari gambar 4.11. Karena nilai defleksi maksimal kurang dari sama

dengan defleksi yangizinkan maka struktur yang digunakan dianggap aman.



Gambar 4.11 Analisa *Displacement* pada Rangka Menggunakan *Software Fusion 360*

4.8 Penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun untuk mengestimasi biaya yang diperlukan dalam proses pembuatan *transfer car* berdasarkan konsep desain yang telah terpilih. Estimasi biaya tersebut meliputi biaya pembelian bahan baku, biaya pembelian komponen penunjang, serta biaya fabrikasi. Rincian rencana anggaran biaya disajikan pada subbab berikut.

4.8.1 Biaya Pembelian Bahan Baku

Biaya pembelian bahan baku adalah biaya pembelian material yang akan dilakukan proses manufaktur untuk kebutuhan *transfer car*. Adapun rincian dari biaya bahan baku dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.19 Rincian Biaya Bahan Baku

No.	Komponen	Qty	Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Profil <i>WF ASTM A36</i> 250 x 250x9x14	2	12 m/batang	16.757.280	33.514.560
2	Plat ASTM A36 t = 12 mm	2	1220 × 2440 mm	3.900.000	7.800.000
3	Plat ASTM A36 t = 6 mm	2	1220 × 2440 mm	2.150.000	4.300.000
4	Plat ASTM A36 t = 4,5 mm	2	1220 × 2440 mm	1.750.000	3.500.000
5	Poros Baja S45C Ø50 mm	2	1 m	950.000	1.900.000

6	Elektroda Las E7018	10	Kg	65.000	650.000
7	Cat Primer + Finish	1	1 Set	1.000.000	1.000.000
Jumlah Total					52.664.560

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Total biaya yang rencanakan untuk pembelian bahan baku adalah
Rp. 52.664.560

4.8.2 Biaya Pembelian Komponen

Biaya pembelian bahan komponen adalah biaya pembelian komponen penunjang yang dibutuhkan untuk membangun *transfer car*. Adapun rician dari biaya bahan baku dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.20 Biaya Pembelian Komponen

No.	Komponen	Qty	Jumlah	Harga (Rp)	Total (Rp)
1	Motor Listrik 0,75 kW (1 HP) 3 Fasa	2	1 unit	2.220.000	4.440.000
2	<i>Gearbox Helical Inline</i> Rasio i = 110	2	1 unit	5.100.000	10.200.000
3	Roda Baja S45C ø250 mm	4	4 unit	1.350.000	5.400.000
4	Roller Chain ISO 12B-1	2	1 set	331.000	662.000
5	<i>Bearing UCP210</i>	4	1 unit	175.000	700.000
6	<i>Sprocket 20 Teeth ISO 12B</i>	4	1 unit	280.000	1.120.000
7	<i>Baut dan Mur Grade 8.8</i>	1	1 set	450.000	450.000
Jumlah Total					22.927.000

Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026

Total biaya yang direncanakan untuk pembelian komponen – komponen penunjang adalah Rp. 22.927.000

4.8.3 Biaya Fabrikasi

Biaya fabrikasi adalah biaya yang dikeluarkan untuk membayar jasa pembuatan dan fabrikasi *transfer car*. Adapun rician dari biaya bahan baku dijelaskan pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.21 Biaya Fabrikasi

No	Proses Fabrikasi	Qty	Satuan	Harga (Rp)	Harga (Rp)
1	Jasa <i>Cutting</i> Profil WF dan Plat	1	paket	3.000.000	3.000.000
2	Pengelasan	45	jam	120.000	5.400.000
3	Jasa Bubut	8	jam	180.000	1.440.000
4	Mesin Frais	6	jam	180.000	1.080.000
5	Jasa <i>Bending</i> Plat	6	jam	120.000	720.000
6	Grinding & Finishing	6	jam	100.000	600.000
7	Assembly	24	jam	120.000	2.880.000
8	Pengecatan	1	paket	2.000.000	2.000.000
Total					17.120.000

Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026

4.8.4 Biaya Total

Biaya keseluruhan adalah total keseluruhan biaya dari rangkaian proses pembuatan *Transfer car* yang diakumulasikan dari biaya pembelian material, biaya pembelian komponen penunjang dan biaya manufaktur.

Biaya Total = Biaya material + Biaya komponen + Biaya manufaktur

Biaya Total = Rp 52.664.560 + Rp 22.927.000 + Rp 17.120.000

Biaya Total = Rp 92.756.560

Berdasarkan rencana anggaran biaya (RAB) yang telah disusun, total biaya perancangan *Transfer car* adalah Rp 92.756.560

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagaimana disajikan berikut:

1. Berdasarkan penerapan metode ulrich, perancangan *transfer car* untuk mobilisasi komponen antar *workshop* di PT. Pelangi Indokarya dilakukan melalui tahapan identifikasi kebutuhan, penyusunan konsep, pemilihan konsep, pengembangan desain, hingga perancangan detail. Dari tiga alternatif konsep yang dikembangkan, Konsep Desain 1 dipilih sebagai konsep terbaik berdasarkan hasil penilaian aspek perawatan, operasional, dan manufaktur. Konsep terpilih menggunakan rangka profil WF 250 × 250 × 9 × 14 mm berbahan ASTM A36, dengan kapasitas angkut 7 ton (7.000 kg), menggunakan dua motor listrik AC induksi berdaya 0,75 kW, sistem transmisi rantai dan sprocket, *helical inline gearbox* dengan rasio 1:110, poros berdiameter 40 mm, serta *bearing* tipe *Deep Groove Ball Bearing* 6208
2. Hasil analisis kekuatan struktur menunjukkan bahwa rancangan *transfer car* memenuhi persyaratan kekuatan. Berdasarkan perhitungan analisis dan verifikasi menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) pada *Autodesk Fusion 360* diperoleh tegangan maksimum sebesar 45,81 MPa, lebih kecil daripada tegangan izin 50 MPa, dengan *safety factor* sebesar 5,46 dan defleksi maksimum 2,89 mm yang masih berada di bawah defleksi izin 3,46 mm, sehingga struktur dinyatakan aman terhadap beban rencana sebesar 103.005 N.
3. Berdasarkan hasil penyusunan Rencana Anggaran Biaya (RAB) yang meliputi biaya bahan baku, biaya komponen, dan biaya fabrikasi, diperoleh estimasi biaya sebesar Rp 92.756.560. Penyusunan RAB menunjukkan bahwa rancangan yang dihasilkan tidak hanya memenuhi aspek teknis, tetapi juga mempertimbangkan aspek ekonomis sehingga dapat digunakan sebagai dasar

dalam pengambilan keputusan apabila transfer car akan direalisasikan pada kondisi operasional perusahaan.

5.2 Saran

Saran diberikan untuk perbaikan dan pengembangan tugas akhir ini dengan harapan dapat disempurnakan lagi untuk penelitian berikutnya. Adapun saran yang dapat diberikan pada tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan proses fabrikasi dan pengujian prototipe *transfer car* sehingga hasil perancangan dan analisis dapat divalidasi secara langsung pada kondisi operasional.
2. Analisis struktur dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan pembebanan dinamis, pengaruh kelelahan material (*fatigue*), serta analisis getaran untuk memperoleh desain yang lebih komprehensif.
3. Sistem *transfer car* dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem kendali otomatis, seperti PLC, inverter, sensor posisi, atau *wireless remote control*, guna meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan kemudahan pengoperasian.
4. Penelitian berikutnya juga dapat melakukan optimasi dimensi struktur dan pemilihan material untuk memperoleh desain yang lebih ringan, ekonomis, namun tetap memenuhi persyaratan kekuatan dan keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2023). *ASTM A36/A36M–23 Standard Specification for Carbon Structural Steel*. ASTM International.
- Bansal, K. R. (2007). *Strength Of Materials* (4th Ed.). Laxmi Publications (P) LTD.
- Budynas, R.G. dan Nisbett, J.K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design*. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Callister, W.D. dan Rethwisch, D.G. (2018). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 9th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Demag Cranes & Components GmbH. (2022). *Transfer Car Systems*. Demag Cranes & Components GmbH.
- Groover, M.P. (2016). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 4th ed. New Jersey: Pearson Education.
- Heizer, J., Render, B. and Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management*. 13th ed. New Jersey: Pearson Education.
- Japanese Industrial Standards (JIS)*. (2011). *JIS G4051: Carbon Steels for Machine Structural Use*. Tokyo: Japanese Standards Association.
- Japanese Standards Association. (2019). *JIS G4051: Carbon Steels for Machine Structural Use*. Tokyo: Japanese Standards Association.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2020 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- Kumar, R. dan Jain, P.K. (2018). Application of automated guided vehicle system in automotive industry. *International Journal of Production Research*, Vol. 56, No. 4, pp. 1458–1472.

- Lee, J., Kim, S. dan Park, J. (2020). Design and application of *transfer car* system to improve material flow in manufacturing. *Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 54, pp. 180–189
- Li, X., Chen, Y. and Wang, H. (2020). Design and optimization of battery-powered industrial transfer vehicles. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, pp.120–130.
- McKinsey & Company. (2022). *The Future of Manufacturing: Delivering Productivity and Growth in a Changing World*. McKinsey Global Institute.
- Melo, M.T. and Corneal, L. (2020). Internal logistics automation and its impact on safety and productivity. *International Journal of Production Economics*, 227, pp.1–10.
- Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2020). *Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2020 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja Pesawat Angkat dan Pesawat Angkut*.
- Prasetyo, A., Nugroho, S. dan Hidayat, R. (2019). Perancangan alat transfer material berbasis rel untuk meningkatkan efisiensi proses produksi. *Jurnal Teknik Industri*, Vol. 20, No. 2, pp. 85–94.
- Saputra, D.A., Wijaya, T. dan Ramadhan, F. (2021). Analisis penggunaan *transfer car* sebagai sistem *material handling* pada industri manufaktur. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 12, No. 1, pp. 45–53.
- Sarath, P., Deepak, A., Hrishikesh, H., Daniel, N.S. and Jinuchandran (2021). *Stress analysis of frame structures using finite element analysis. Materials Today: Proceedings*, 45, pp.4567–4572.
- Setiawan, T. A., Juniani, A. I., Purnomo, D. A., Rinanto, N., & Faruq, H. N. (2023). *How To Utilize Autodesk Fusion 360 That Reinforces Product Redesign Simulation? JISO: Journal of Industrial And Systems Optimization*, 6(1), 48–54.
- SKF. (n.d.). 6208 - Deep groove ball bearings. <https://www.skf.com/group/products/rolling-bearings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/productid-6208>
- Sularso, & Suga, K. (2004). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen*

Mesin. Jakarta: Pradnya Paramita

Tompkins, J.A., White, J.A., Bozer, Y.A. dan Tanchoco, J.M.A. (2010).
Facilities Planning. 4th ed. New York: John Wiley & Sons.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2015). *Product Design and Development*. 6th Ed
(6th Ed.). McGraw-Hill.

Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2015). *Product Design and Development* (6th
ed.). McGraw-Hill Education.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 Form Ijin Survei dan Pengambilan Data Perusahaan

 PPNS	FORMULIR IJIN SURVEI DAN PENGAMBILAN DATA KE PERUSAHAAN	No. : F.WD1.008 Date : 02 Maret 2020 Rev. : 02 Page : 1 dari 1
---	--	---

JURUSAN : Teknik Permesinan Kapal
PROGRAM STUDI : Teknik Desain dan Manufaktur

NAMA : Rohmatul Khasanah
NRP : 0622040049

JUDUL TUGAS AKHIR:

"PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI KOMPONEN ANTAR WORKSHOP DI PT. PELANGI INDOKARYA"

TEMPAT SURVEI : PT. Pelangi Indokarya

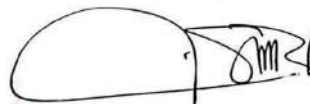
ALAMAT SURVEI : Jl.Medokan Semampir Indah No.129, Medokan Semampir, Kec. Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60119

DATA YANG DISURVEI :

1. Data spesifikasi untuk transfer car
2. Data jenis dan ukuran material yang dibutuhkan untuk transfer car
3. Survei kepada Direktur, HRD, Supervisor, Project Manager serta ahli bidang terkait
4. Wawancara kepada Project Manager mengenai perancangan *Transfer Car*
5. Proses perawatan dan operasional pada material handling

Surabaya, 22 April 2026

Dosen Pembimbing I,



Prof. Dr. Eng. I Putu Sindhu Asmara.
S.T., M.T., MRINA

NIP. 197004091995011001



Dipindai dengan CamScanner

“Halaman ini sengaja dikhongkan”

Lampiran 2 Surat Persetujuan Penggunaan Nama Perusahaan

SURAT PERSETUJUAN PENGGUNAAN NAMA PERUSAHAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Faizal Ibrahim
Jabatan : Operation Manager
Nama Perusahaan : PT. Pelangi Indokarya
Alamat : Jl. Medokan Semampir Indah No.129, Medokan Semampir,
Kec. Sukolilo,Surabaya, Jawa Timur 60119

Dengan ini menyatakan bahwa memberikan izin dan persetujuan kepada mahasiswa:

Nama : Rohmatul Khasanah
NRP : 0622040049
Program Studi : D4 Teknik Desain dan Manufaktur
Jurusan : Teknik Permesinan Kapal

Untuk mencantumkan dan menggunakan nama perusahaan 'PT Pelangi Indokarya' serta izin pengambilan data/survey dalam laporan Tugas Akhir dan Jurnal CDMA yang disusun sebagai salah satu persyaratan penyelesaian studi. Sepanjang informasi yang disajikan telah disesuaikan dengan ketentuan perusahaan dan tidak mengungkapkan data yang bersifat rahasia.

Demikian surat persetujuan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 21 April 2026

Yang menyatakan,
Operation Manager



(Faizal Ibrahim)

“Halaman ini sengaja dikhongkan”

Lampiran 3 Hasil Wawancara dan Dokumentasi Saat Wawancara

Wawancara Daftar Kebutuhan

**PERANCANGAN *TRANSFER CAR* UNTUK MOBILISASI
KOMPONEN ANTAR WORKSHOP DI PT. PELANGI
INDOKARYA**

Nama : ARIF PUJIANTO
Jabatan : PROJECT MANAGER
Waktu Wawancara : 13 April 2020

No.	Daftar Pertanyaan	Jawaban
1.	Apakah proses <i>material handling</i> dalam proses produksi sudah optimal?	BELUM.
2.	Berapa berat maksimum benda kerja/komponen yang biasa dipindahkan?	4 TON
3.	Jenis benda kerja/material apa saja yang sering dipindahkan menggunakan <i>material handling</i> ?	COUNTER WEIGHT BAJA MENTAH / ASSY.
4.	Berapa dimensi rangka yang dibutuhkan pada perancangan <i>transfer car</i> ?	1500 mm x 3200 mm
5.	Berapa panjang lintasan jalur <i>transfer car</i> yang direncanakan untuk workshop PT. Pelangi Indokarya?	21 M
6.	Berapa kapasitas angkut yang diharapkan dari <i>transfer car</i> ?	4 TON
7.	Apa faktor utama yang diharapkan untuk perancangan <i>transfer car</i> ?	EFISIENSI DAN GREEN ENERGY
8.	Apa kendala utama yang sering terjadi saat pemindahan material/komponen pada workshop PT. Pelangi Indokarya?	FORKLIFT TIDAK READY DAN POLUSI
9.	Berapa kecepatan yang diinginkan pada perancangan <i>transfer car</i> ?	10 m/min.
10.	Berapa biaya yang diperkirakan untuk perancangan <i>transfer car</i> ?	70 juta.

Narasumber,

(Arif P. S.T.)

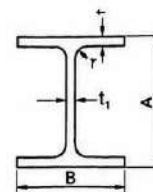


“Halaman ini sengaja dikhongkan”

Lampiran 2 Katalog WF

Wide Flange Shapes

(Metric Series)-Continued



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 ₁)	Flange (t ₂)			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
250 × 250	82.2	250	255	14	14	16	104.7	11,500	3,880	10.5	6.09	919	304
	72.4	250	250	9	14	16	92.18	10,800	3,650	10.8	6.29	867	292
	66.5	248	249	8	13	16	84.70	9,930	3,350	10.8	6.29	801	269
	64.4	244	252	11	11	16	82.06	8,790	2,940	10.3	5.98	720	233
250 × 175	44.1	244	175	7	11	16	56.24	6,120	984	10.4	4.18	502	113
250 × 125	29.6	250	125	6	9	12	37.66	4,050	294	10.4	2.79	324	47.0
	25.7	248	124	5	8	12	32.68	3,540	255	10.4	2.79	285	41.1
200 × 200	65.7	208	202	10	16	13	83.69	6,530	2,200	8.83	5.13	628	218
	56.2	200	204	12	12	13	71.53	4,980	1,700	8.35	4.88	498	167
	49.9	200	200	8	12	13	63.53	4,720	1,600	8.62	5.02	472	160
200 × 150	30.6	194	150	6	9	13	39.01	2,690	507	8.30	3.61	277	67.6
200 × 100	21.3	200	100	5.5	8	11	27.16	1,840	134	8.24	2.22	184	26.8
	18.2	198	99	4.5	7	11	23.18	1,580	114	8.26	2.21	160	23.0
175 × 175	40.2	175	175	7.5	11	12	51.21	2,880	984	7.50	4.38	330	112
175 × 125	23.3	169	125	5.5	8	12	29.65	1,530	261	7.18	2.97	181	41.8
175 × 90	18.1	175	90	5	8	9	23.04	1,210	97.5	7.26	2.06	139	21.7
150 × 150	31.5	150	150	7	10	11	40.14	1,640	563	6.39	3.75	219	75.1
150 × 100	21.1	148	100	6	9	11	26.84	1,020	151	6.17	2.37	138	30.1
150 × 75	14.0	150	75	5	7	8	17.85	686	49.5	6.11	1.66	88.8	13.2
125 × 125	23.8	125	125	6.5	9	10	30.31	847	293	5.29	3.11	136	47.0
125 × 60	13.2	125	60	6	8	9	16.84	413	29.2	4.95	1.32	68.1	9.73

“Halaman ini sengaja dikhongkan”

Lampiran 4 Katalog Motor Listrik

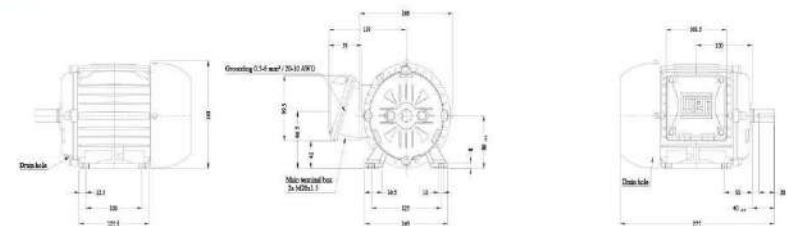


PRODUCT DETAILS

TECHNICAL DATA PERFORMANCE CURVES DRAWINGS

GENERATE DOCUMENTS

2D 3D



WEG MOTOR SYSTEMS
2000/815 V 50/60 Hz 4P
2000/815 V 50/60 Hz 4P

Electric Motors

Frame	80
Output	0.75 kW (1 HP)
Number of Poles	4
Frequency	50 Hz
Rated speed	1400 rpm
slip	6.67 %
Rated voltage	220/380 V
Rated current	2.94/1.70 A
L - H Ampere	15.7/9.49 A
LHC	5.7
No load current	1.45/0.840 A
Rated torque	0.522 kgfm
Locked rotor torque	220 %
Breakdown torque	220 %
Locked rotor time	27s (cold) 15s (hot)
Moment of inertia (J)	0.0029 kgm²
Design	H
Insulation Class	F
Service factor	1.15
Temperature rise	70 K
Starting Method	Direct On Line
Duty Cycle	S1
Ambient temperature	-20°C to +50°C
Altitude	1000 m.a.s.l.
Degree of Protection	IP55
Enclosure	IC411 - TEFC
Mounting	B3 (D)
Rotation	Both (CW and CCW)
Noise level	44.0 dB(A)
Approx. weight	15.2 kg

(1) Following the motor to all the data in (2) Motor
rotation of 4.00(A) (3) Approximate values, output
manufacturing process - 18.

weg.net

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

Lampiran 5 Katalog Gearbox



5.3 IH/IHA GEAR REDUCER - 1400 rpm

TECHNICAL CATALOGUE

IHA32

Mn_2 [Nm]	i	Pn_1 [kW]	n_2 [rpm]	Fr_1 [N]	Fr_2 [N]
80	5,38	2,27	260,3	330	1096
80	6,52	1,87	214,8	409	1169
75	8,11	1,41	172,6	373	1257
90	10,94	1,26	128,0	441	1389
80	13,25	0,92	105,7	363	1481
80	16,49	0,74	84,9	398	1593
90	20,26	0,68	69,1	453	1706
85	24,55	0,53	57,0	386	1818
80	30,55	0,40	45,8	374	1956
90	35,44	0,39	39,5	480	2000
90	44,10	0,31	31,8	388	2000

IHA33

Mn_2 [Nm]	i	Pn_1 [kW]	n_2 [rpm]	Fr_1 [N]	Fr_2 [N]
100	51,32	0,30	27,3	472	2000
100	59,65	0,26	23,5	472	2000
100	72,27	0,22	19,4	472	2000
100	89,94	0,17	15,6	472	2000
100	110,51	0,14	12,7	472	2000
100	133,88	0,12	10,5	472	2000
100	165,61	0,09	8,4	472	2000
100	193,30	0,08	7,2	472	2000
100	240,55	0,06	5,8	472	2000
100	279,07	0,06	5,0	472	2000
100	347,29	0,04	4,0	472	2000

“Halaman ini sengaja dikhongkan”

Lampiran 6 Katalog Material ASTM A36

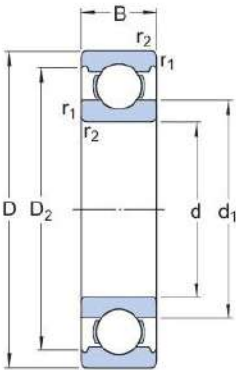
Mechanical Properties	Metric
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa
Tensile Strength, Yield	250 MPa
Elongation at Break	20 %
	23 %
Modulus of Elasticity	200 GPa
Compressive Yield Strength	152 MPa
Bulk Modulus	160 GPa
Poissons Ratio	0.26
Shear Modulus	79.3 GPa

“Halaman ini sengaja dikhongkan”

Lampiran 7 Katalog *Deep Groove Ball Bearing 6208*



Technical specification



Dimensions

d	40 mm	Bore diameter
$t_{d\text{emp}}$	$-0.01 - 0$ mm	Deviation limits of mid-range bore diameter
D	80 mm	Outside diameter
$t_{D\text{emp}}$	$-0.011 - 0$ mm	Deviation limits of mid-range outside diameter
B	18 mm	Width
$t_{B\text{ss}}$	$-0.06 - 0$ mm	Deviation limits of ring width
d ₁	≈ 52.6 mm	Shoulder diameter
D ₂	≈ 69.8 mm	Recess diameter
r _{1.2}	min. 1.1 mm	Chamfer dimension
	P6 and tighter width tolerance	ISO tolerance class for dimensions

“Halaman ini sengaja dikhongkan”

BIODATA PENULIS



Nama : Rohmatul Khasanah

Tempat, Tanggal Lahir : Bojonegoro, 13 Februari 2004

Alamat : Ds. Wotanngare Rt/Rw 020/006, Kec. Kalitidu,
Kec Kalitidu, Kab. Bojonegoro

Email : rahmatulkhasanah1302@gmail.com

No. HP : 087788452865

Agama : Islam

Progam Studi : D4 – Teknik Desain dan Manufaktur

Riwayat Pendidikan :

1. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya (2022-2026) Program Studi
D4Teknik Desain dan Manufaktur
2. SMA Negeri 1 Kalitidu (2019-2022)
3. SMP Negeri 1 Kalitidu (2016-2019)
4. SDN Mojosari (2010-2016)

Pengalaman Organisasi :

- Ketua Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik
Desain dan Manufaktur (2024 - 2025)
- Bendahara Departemen Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa
Teknik Desain dan Manufaktur (2023 - 2024)
- Staf Magang Divisi Riset dan Teknologi Himpunan Mahasiswa Teknik
Desain dan Manufaktur (2022 – 2023)

Pengalaman Magang :

- PT. Pelangi Indokarya (2025)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

