

**PERANCANGAN ALAT BANTU PENUANGAN LOGAM CAIR OVERHEAD
CRANE PADA PERUSAHAAN PENGECORAN LOGAM DENGAN
MENGUNAKAN METODE VDI 2221
(STUDI KASUS CV. FATMA KARYA INDAH)**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



**Nama : Fitrah Bayu Maulana
No. Mahasiswa : 22522006**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2026

PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika kemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 27 Juni - 2026


(Fitrah Bayu) *[Signature]*

22522006

SURAT BUKTI PENELITIAN

INDUSTRI PENGECORAN LOGAM & ALUMINIUM “FATMA KARYA INDAH”

(H. SHOHIB CHOIRUDIN)

Kurung Baru, Kurung, Ceper, Klaten 57465 HP. 0821 2281 5231

Email : fatmakaryaindah@gmail.com Web: www.fatmakaryaindah.co.id

SURAT KETERANGAN

No. 001/S.KET-CV.FKI/VI/2026

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : H. Shohib Choirudin

Jabatan : Komisaris

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama Peneliti : Fitrah Bayu Maulana

NIM : 22522006

Program Studi : Teknik Industri-FTI-UII

Judul Penelitian : Perancangan Alat Bantu Penuangan Logam Cair Overhead Crane pada
Perusahaan Pengecoran Logam dengan menggunakan Metode VDI
2221 (Studi Kasus CV. Fatma Karya Indah)

Bahwa yang bersangkutan telah selesai melakukan penelitian Tugas Akhir di perusahaan CV. Fatma Karya Indah yang dimulai pada bulan **Januari 2026** sampai dengan bulan **Maret 2026**.

Demikian surat keterangan ini kami buat untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya, khususnya sebagai bagian dari kelengkapan administrasi untuk penyelesaian penelitian Tugas Akhir di **Universitas Islam Indonesia**.

Klaten, 15 Juni 2026

CV. Fatma Karya Indah



H. Shohib Choirudin

Komisaris

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**PERANCANGAN ALAT BANTU PENUANGAN LOGAM CAIR OVERHEAD
CRANE PADA PERUSAHAAN PENGECORAN LOGAM DENGAN
MENGUNAKAN METODE VDI 2221
(STUDI KASUS CV. FATMA KARYA INDAH)**



Dosen Pembimbing

(Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

PERANCANGAN ALAT BANTU PENUANGAN LOGAM CAIR OVERHEAD CRANE PADA PERUSAHAAN PENGECORAN LOGAM DENGAN MENGUNAKAN METODE VDI 2221 (STUDI KASUS CV. FATMA KARYA INDAH)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh:

Nama : Fitrah Bayu Maulana

No. Mahasiswa : 22522006

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 26 – 06 - 2026

Tim Penguji

Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T

Ketua

Sri Indrawati, S.T., M.Eng.

Anggota I

Putri Dwi Annisa, S.T., M.Sc.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia



Ir. Mohammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM

015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya tulis ini saya persembahkan dengan penuh rasa syukur kepada kedua orang tua tercinta atas doa dan dukungan yang tak terputus, serta kepada pihak CV. Fatma Karya Indah yang telah memberikan ruang bagi pengembangan penelitian ini. Semoga dedikasi ini menjadi langkah awal dalam memberikan kontribusi nyata bagi kemajuan dunia industri dan bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

MOTTO

Be delusional enough to believe that it's possible, Be disciplined enough to prove yourself right.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim, Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir berjudul "Perancangan Alat Bantu Penuangan Logam Cair *Overhead Crane* pada Perusahaan Pengecoran Logam dengan menggunakan metode VDI 2221 (Studi Kasus CV. Fatma Karya Indah) tepat pada waktunya. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa keberhasilan ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih setulus-tulusnya kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Kepala Jurusan Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir yang membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis selama proses penelitian dan penyusunan laporan.
4. Bapak H. Shohib Choirudi selaku Komisaris CV. Fatma Karya Indah yang telah memberikan tempat dan wadah penelitian saya dan memberikan fasilitas penelitian yang dibutuhkan.
5. Bapak M. Muzakki Zulfa selaku staf operasional pada CV. Fatma Karya Indah yang senantiasa membantu dalam pengambilan data penelitian.
6. Kedua orang tua yang senantiasa mendukung dan mendoakan perjalanan perkuliahan dari awal hingga akhir, yang senantiasa mengorbankan dan memberikan segalanya yang terbaik untuk putra putrinya agar menjadi lebih baik. Terima kasih telah mempercayai anakmu dan terima kasih atas segala usaha dan perjuangannya, doakan anakmu ini memulai perjuangannya sendiri.
7. Seluruh sahabat yang tidak bisa disebutkan satu-persatu, yang senantiasa memberikan dukungan dan ada menemani masa-masa perkuliahan melalui masa susah dan senang. Terima kasih telah menjadi bagian hidup dari penulis dan menjadi saksi untuk kehidupan yang menyenangkan ini.
8. Seluruh keluarga, kerabat, dan teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu per satu, terima kasih atas segala kontribusi, doa, dukungan, dan bantuan yang telah diberikan.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Maka dari itu, penulis mengharapkan adanya kritik dan saran yang membangun dari pembaca guna perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan lainnya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

ABSTRAK

Penelitian ini berfokus pada perancangan mekanisasi sistem penuangan logam cair berupa *overhead crane* yang ergonomis, aman, dan efisien dengan menerapkan metodologi VDI 2221. Hal ini dilakukan guna mengatasi tingginya tingkat cacat produk komponen mesin di CV. Fatma Karya Indah yang mencapai rata-rata 8% (berupa porositas, retak, patah, dan barang putih). Cacat tersebut timbul akibat proses pengangkutan manual cairan logam seberat 500 kg yang memicu fluktuasi kecepatan tuang (*pouring speed*), penurunan suhu drastis (*heat loss*), kelelahan fisik, serta risiko K3 akibat radiasi panas. Dari hasil seleksi konsep, terpilih Varian I berwujud *Single Girder Overhead Crane* kapasitas nominal 5 Ton untuk area kerja berdimensi 45 meter x 15 meter. Spesifikasi teknis alat ini mengintegrasikan struktur rangka baja *I-Beam*, *electric wire rope hoist* sebagai penggerak, serta sistem pemutar tungku (*ladle*) berbasis *worm gearbox* dengan fitur *self-locking*. Validasi menggunakan *Finite Element Analysis* (FEA) pada SolidWorks dengan beban aktual 49.050 N membuktikan bahwa pada skenario beban terpusat maupun merata, nilai tegangan maksimum (*Maximum Von Mises Stress*) dan lendutan berada jauh di bawah *yield strength* material (250 MPa) dengan *Factor of Safety* yang memenuhi standar. Ditinjau dari aspek ekonomi teknik, investasi alat ini sangat prospektif dengan *Payback Period* selama 8 bulan. Implementasi desain ini berhasil mengubah metode kerja menjadi semi-otomatis, mereduksi *human error*, mencegah pembekuan dini (*cold shut*), menekan biaya kualitas (*Cost of Poor Quality*), serta mengoptimalkan keselamatan operator.

Kata Kunci: *Overhead Crane*, Penuangan Logam Cair, VDI 2221, SolidWorks Simulation

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Kajian Literatur	8
2.2 Landasan Teori	15
2.2.1 Perancangan dan Pengembangan Produk	16
2.2.2 Sistem Penanganan Material (<i>Material Handling</i>).....	16
2.2.3 Pengecoran Logam.....	16
2.2.4 Alat Angkat <i>Overhead Crane</i>	17
2.2.5 Metode <i>Verein Deutscher Ingenieure</i> (VDI 2221)	18
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Objek Penelitian	20
3.2 Sumber Data & Jenis Data	20
3.3 Metode Pengumpulan Data	21
3.4 Alur Metode Penelitian	21
BAB IV PENGUMPULAN & PENGOLAHAN DATA	26
4.1 Pengumpulan Data	26
4.1.1 Spesifikasi Area Kerja.....	26
4.2 Pengolahan Data	27
4.2.1 Fase I: Penjabaran Tugas (<i>Clarification of Task</i>).....	27
4.2.2 Fase II: Perancangan Konsep (<i>Conceptual Design</i>)	29
4.2.3 Fase III: Perancangan Wujud (<i>Embodiment Design</i>).....	45
4.2.4 Fase IV: Perancangan Detail (<i>Detail Design</i>)	47
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	52
5.1 Analisis Hasil Rancangan	52
5.2 Analisis Kekuatan Struktur	53
5.3 Analisis Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah.....	54
5.4 Analisis Ekonomi dan Dampak Finansial	56
5.4.1 Analisis Investasi Awal	56
5.4.2 Analisis Penghematan Operasional.....	57
5.4.3 Evaluasi Kelayakan Investasi	57
5.4.4 Kesimpulan Analisis Ekonomi.....	58

5.5	Validasi.....	59
BAB VI PENUTUP		61
6.1	Kesimpulan	61
6.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA.....		63
LAMPIRAN.....		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Klasifikasi Cacat, Penyebab, dan Keterangan Cacat Produk Pully	3
Tabel 2. 1 Kajian Literatur	12
Tabel 3. 1 Tahapan Fase I	23
Tabel 3. 2 Tahapan Fase II	24
Tabel 3. 3 Tahap Fase III	24
Tabel 3. 4 Tahap Fase IV	25
Tabel 4. 1 Klasifikasi Perancangan	28
Tabel 4. 2 Abstraksi I	29
Tabel 4. 3 Abstraksi II	30
Tabel 4. 4 Matrik Solusi	35
Tabel 4. 5 Struktur Modul	37
Tabel 4. 6 Alternatif Varian Solusi	38
Tabel 4. 7 Hasil Kombinasi Varian	39
Tabel 4. 8 Estimasi Biaya Varian I	41
Tabel 4. 9 Estimasi Biaya Varian II	42
Tabel 4. 10 Estimasi Biaya Varian III	44
Tabel 4. 11 Tabel Pemilihan Kombinasi	45
Tabel 4. 12 Spesifikasi Desain	51
Tabel 5. 1 Perbandingan Sebelum dan Sesudah	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Diagram Produksi dan Cacat Produk Pully Periode 2025	2
Gambar 3. 1 Alur Metode Penelitian	22
Gambar 4. 1 Matriks Abstraksi II	32
Gambar 4. 2 Struktur Fungsi.....	33
Gambar 4. 3 Struktur Sub-Fungsi	34
Gambar 4. 4 Desain Overhead Crane Tampak Samping	47
Gambar 4. 5 Desain Overhead Crane Tampak Depan	48
Gambar 4. 6 Desain Overhead Crane Tampak Samping	48
Gambar 4. 7 Desain Hoist Overhead Crane.....	49
Gambar 4. 8 Gambar Teknik Overhead Crane Keseluruhan	49
Gambar 4. 9 Gambar Teknik Tungku Angkat Ladle.....	50
Gambar 4. 10 Gambar Teknik Hoist Omis	50
Gambar 5. 1 Pembebanan Terpusat	53
Gambar 5. 2 Pembebanan Merata	54

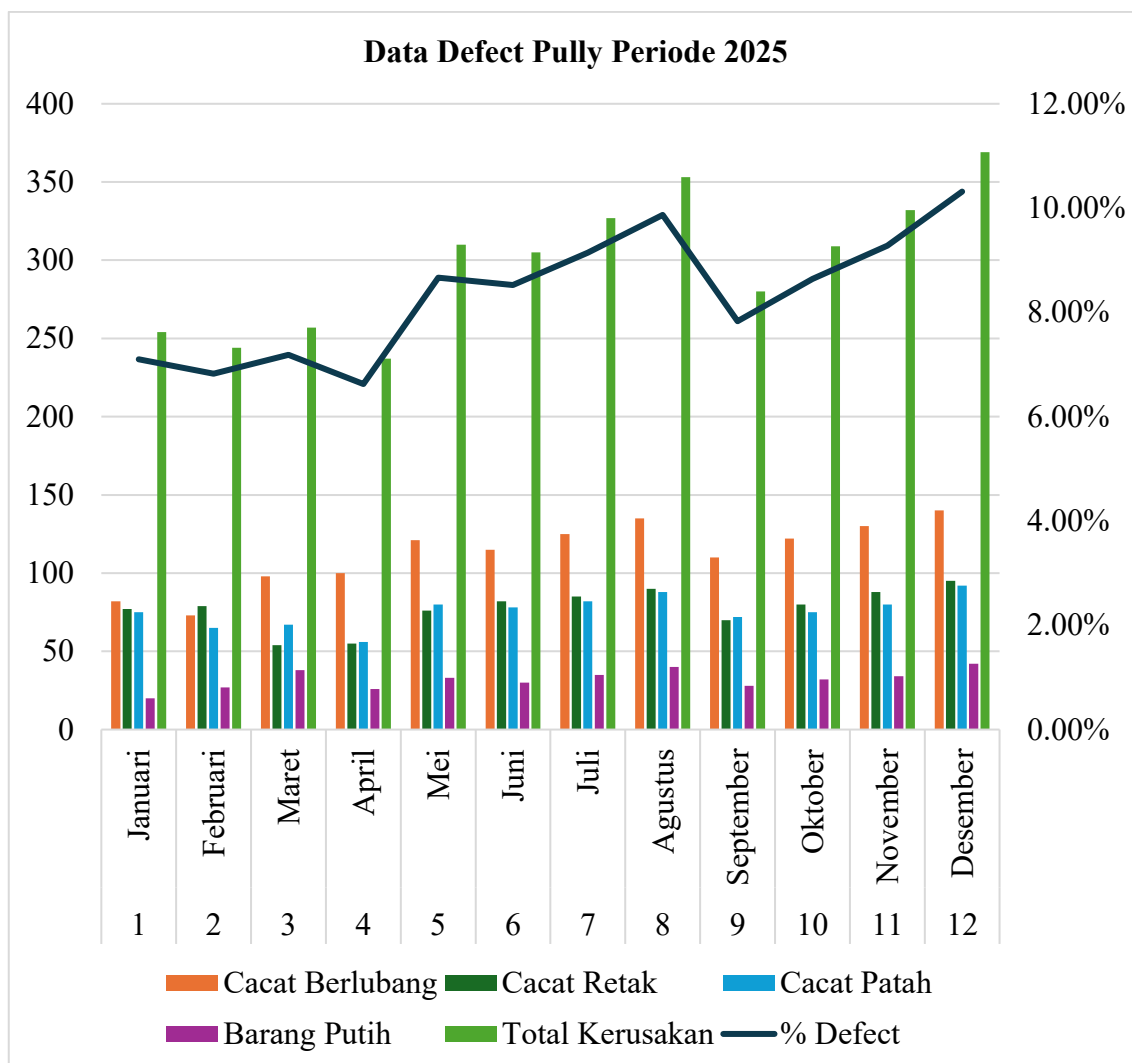
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

CV. Fatma Karya Indah merupakan perusahaan pengecoran logam dengan sistem perusahaan berupa *make to order* (MTO) yang dalam pelaksanaannya memiliki kompleksitas tinggi dalam proses produksinya. Dalam sistem MTO, kualitas akhir produk merupakan parameter utama keberhasilan karena tiap produk dibuat berdasarkan spesifikasi dan permintaan khusus dari pelanggan. Ketika perusahaan tidak mampu menjaga kualitas produknya, tidak hanya akan berdampak pada kerugian material, tetapi juga akan menurunkan tingkat kepercayaan pelanggan dan mengganggu ketepatan waktu pengiriman. Oleh karena itu, pengendalian kualitas yang ketat diperlukan pada tiap tahapan proses mulai dari peleburan hingga proses pengiriman ke konsumen untuk menjaga kualitas dan daya saing perusahaan (Ansyah, Kustiwan, & Supriyati, 2025).

Berdasarkan hasil temuan ketika melaksanakan kerja praktik di CV. Fatma Karya Indah, telah diketahui terdapat hambatan dalam proses produksi menggunakan *fishbone diagram* dan 5 *why's*. Dalam hasil analisis tersebut, ditemukan empat permasalahan utama dalam proses produksi yaitu, penjadwalan yang tidak teratur, tingginya angka cacat produksi (*defect*), fasilitas peleburan yang masih konvensional, dan keterbatasan sumber daya manusia terampil. Dari keempat masalah tersebut, masalah *defect* hasil produksi dinilai sebagai prioritas yang harus diselesaikan karena frekuensi kejadian yang paling tinggi dibandingkan permasalahan lainnya, dikarenakan masalah ini menimbulkan kerugian finansial yang cukup tinggi bagi CV. Fatma Karya Indah. Dimana, fokus penelitian tugas akhir ini akan diarahkan untuk menangani permasalahan cacat produksi guna memberikan rekomendasi penyelesaian yang dibutuhkan perusahaan. Harapannya dengan adanya solusi terkait permasalahan cacat akan meningkatkan pendapatan perusahaan dan meningkatkan daya saing perusahaan kedepannya dalam menghadapi pasar global.



Gambar 1. 1 Diagram Produksi dan Cacat Produk Pully Periode 2025

Data di atas merupakan data produksi dan *defect* produk pully yang terjadi setiap bulannya pada tahun 2025. Dapat dilihat bahwa data menunjukkan tingkat cacat produksi pully di CV. Fatma Karya Indah berkisar sebesar lebih dari 8% pada tiap bulannya yang terdiri dari cacat berlubang, cacat retak, cacat patah, dan cacat pengisian cairan logam. Dari data tersebut juga diketahui bahwa tingkat cacat mengalami kenaikan pada keseluruhan periode 2025, dimana di awal periode hanya berkisar sebesar 8% dan meningkat menjadi $> 10\%$. Faktor-faktor yang memengaruhi *defect* ini dikarenakan variabel proses peleburan yang tidak terkendali, seperti fluktuasi suhu cairan logam, metode penuangan yang masih dilakukan secara manual, serta proses *machining* yang belum optimal. Kondisi tungku yang masih konvensional tanpa adanya alat *monitoring* yang memadai membuat operator kesulitan dalam memastikan konsistensi cairan logam

(Komarudin, 2025). Hal itu mengakibatkan variabilitas kualitas antar produk menjadi tinggi dan sulit untuk mencapai standar kualitas yang seragam. Selain itu, proses penuangan cairan secara manual juga membuat suhu cairan logam menjadi tidak konsisten dan hasil cetakan juga tidak bisa di prediksi. Proses *machining* juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan produk cacat yang disebabkan oleh operator yang kurang ahli maupun alat yang memerlukan perawatan.

Munculnya *defect* hasil produksi tersebut mengakibatkan kerugian finansial bagi perusahaan dikarenakan adanya biaya pengerjaan ulang (*rework*) dan pemborosan energi peleburan yang harus dilakukan ulang. Kerugian finansial di estimasikan sebesar $\pm 350.000.000,00$ dalam kurun periode 1 tahun di tahun 2025. Selain kerugian material, tingginya *defect* juga menyebabkan inefisiensi waktu yang berdampak pada keterlambatan pemenuhan order konsumen (Sinaga, Budiman, & Kartika, 2025). Hal ini menunjukkan adanya kebutuhan untuk mengurangi bahkan menyelesaikan permasalahan *defect* yang dapat berupa perancangan sistem atau alat yang dapat menstabilkan proses produksi agar tingkat kesalahan dapat ditekan melalui pendekatan yang lebih terukur (Putra & Faritsy, 2025).

Tabel 1. 1 Klasifikasi Cacat, Penyebab, dan Keterangan Cacat Produk Pully

Klasifikasi Cacat		Penyebab Utama	Keterangan
Cacat (Porositas)	Berlubang	Proses Penuangan Manual & Proses <i>Machining</i>	Waktu penuangan yang lama menyebabkan suhu cairan turun drastis sebelum masuk ke cetakan, serta proses <i>machining</i> yang tidak sesuai standar juga menyebabkan lubang pada produk.
			Ketidakstabilan tangan operator saat menuang menyebabkan kecepatan aliran (<i>pouring speed</i>) tidak seragam. Hal ini memicu <i>thermal shock</i> dan tegangan sisa pada benda kerja saat proses pembekuan.
Cacat (<i>Crack</i>)	Retak	Proses Penuangan Manual	

Klasifikasi Cacat	Penyebab Utama		Keterangan
Cacat Patah	Proses Penuangan, <i>Machining</i>	Peleburan, dan	Kombinasi suhu tungku yang sulit dikontrol dengan proses distribusi manual yang lambat mengakibatkan ikatan antar partikel logam menjadi rapuh (<i>brittle</i>) karena logam mulai membeku sebelum memenuhi rongga cetakan secara sempurna. Selain itu, proses <i>machining</i> yang tidak sesuai standar juga dapat menyebabkan patah pada produk. Penurunan suhu yang ekstrem saat cairan dibawa secara manual dari tungku ke area cetakan menyebabkan laju pendinginan terlalu cepat. Hal ini membentuk struktur karbida yang sangat keras sehingga sulit disayat pada proses <i>machining</i> .
Barang Putih (Tidak bisa diproses)	Proses Penuangan Manual		

Tabel di atas didapatkan berdasarkan hasil wawancara dengan operator produksi serta manager produksi di CV. Fatma Karya Indah. Berdasarkan tabel 1.1 di atas, dapat diketahui bahwa penyebab utama terjadinya cacat pada masing-masing klasifikasi adalah pada proses penuangan yang masih dilakukan secara manual. Secara keseluruhan proses penuangan secara manual menyebabkan suhu cairan logam menjadi tidak stabil dan menghasilkan produk yang rawan cacat dan tidak sesuai standar produksi yang ada, jika temperatur penuangan tidak sesuai maka solidifikasi didalam cetakan dan rongga cetakan tidak terisi penuh (Bhirawa, 2015). Maka dari itu, penyelesaian permasalahan ini merupakan kebutuhan mendesak bagi CV. Fatma Karya Indah guna mengatasi tingginya angka cacat produksi. Implementasi desain mesin crane penuangan menjadi solusi strategis untuk mempercepat distribusi cairan logam dari tungku ke area cetakan, sehingga parameter suhu ideal dapat dipertahankan dengan lebih konsisten. Dengan

dukungan mekanisasi crane, proses penuangan akan menjadi lebih efektif dan efisien karena mampu meminimalkan faktor kelelahan manusia (*human error*) serta memastikan kecepatan tuang yang seragam. Penggunaan sistem crane yang tepat juga terbukti meningkatkan efisiensi waktu siklus dalam pemindahan material yang berdampak pada peningkatan produktivitas dibandingkan dengan metode pemindahan manual (Sirama, Parekke, & Padang, 2025).

Sebagai solusi atas permasalahan tersebut, dilakukan evaluasi kualitatif terhadap beberapa alternatif mekanisme sistem transportasi logam cair pada tabel 1.1 dengan melakukan penyaringan alternatif teknologi dengan menggunakan beberapa parameter pembatas kritis (*constraint*). Parameter tersebut meliputi kapasitas angkat beban ekstrim (minimal 500 kg), optimalisasi pemanfaatan ruang lantai produksi, fleksibilitas pergerakan, serta pemenuhan standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3). Berdasarkan hasil penyaringan kualitatif tersebut, sistem *overhead crane* dipilih sebagai solusi tunggal yang paling ideal karena karakteristiknya yang memanfaatkan ruang vertikal bangunan. Hal ini menjamin alat dapat beroperasi tanpa mengganggu tata letak cetakan di lantai produksi yang padat, sekaligus memberikan proteksi K3 maksimal bagi operator dari radiasi panas logam cair melalui sistem kendali jarak jauh.

Berdasarkan penjelasan permasalahan di atas, penelitian ini memiliki urgensi untuk penyelesaian permasalahan proses produksi di CV. Fatma Karya Indah yang berfokus pada transformasi proses produksi dari metode penuangan secara manual menuju sistem yang lebih *modern* melalui dukungan alat bantu fisik. Tingginya angka cacat produksi yang didominasi oleh porositas dan retakan merupakan indikator nyata bahwa pengendalian kualitas tidak dapat lagi dilakukan hanya melalui instruksi verbal kepada operator tanpa adanya intervensi teknis berupa perancangan desain *crane* penuangan. Melalui implementasi desain *crane* yang mampu menstabilkan variabel penuangan dan menjaga suhu logam cair secara efektif, diharapkan faktor *human error* serta *heat loss* dapat diminimalisir secara sistematis. Dengan adanya rekomendasi yang diberikan diharapkan variabilitas yang diakibatkan oleh proses manual dapat diminimalisir sehingga hasil coran memiliki kualitas yang lebih konsisten dan sesuai standar. Implementasi dari hasil desain ini nantinya diharapkan dapat menurunkan tingkat *defect* hasil produksi dan meningkatkan efisiensi operasional perusahaan secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana perancangan desain *crane* pada proses penuangan cairan logam dikembangkan guna mereduksi tingkat cacat di CV. Fatma Karya Indah?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merancangan desain *crane* pada proses penuangan cairan logam guna mereduksi tingkat cacat di CV. Fatma Karya Indah yang disebabkan oleh proses penuangan secara manual.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari penelitian yang dilakukan:

1. Manfaat bagi Mahasiswa
 - a. Sebagai sarana untuk mengimplementasikan ilmu yang telah didapat selama perkuliahan.
 - b. Melatih kemampuan analisis dan pemecahan masalah dalam menghadapi dunia pekerjaan secara langsung.
 - c. Memenuhi salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Industri di Universitas Islam Indonesia.
2. Manfaat bagi Perusahaan
 - a. Memberikan gambaran terkait penyebab dari cacat (*defect*) produk.
 - b. Memberikan rekomendasi perbaikan yang sesuai dengan permasalahan yang terjadi guna meningkatkan efisiensi proses produksi.
 - c. Membantu perusahaan dalam mengoptimalkan sumber daya yang dimiliki melalui usulan yang diberikan.
3. Manfaat bagi Dunia Akademik
 - a. Menjadi bahan studi literatur bagi penelitian selanjutnya yang berhubungan dengan konsep pengurangan cacat (*defect*) produksi.
 - b. Memberikan kontribusi ilmiah mengenai perancangan solusi teknis di lingkungan perusahaan industri manufaktur di Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan pada penelitian yang dilakukan:

1. Penelitian ini hanya dilakukan pada lini produksi di CV. Fatma Karya Indah, khususnya pada proses produksi pengecoran logam.
2. Objek pengamatan adalah produk cacat (*defect*) yang terjadi selama proses produksi pully di CV. Fatma Karya Indah.
3. Data yang digunakan berasal dari observasi lapangan, wawancara, dan dokumen internal perusahaan selama periode penelitian, dan tidak mencakup data historis jangka panjang di luar periode tersebut.
4. Penelitian ini tidak membahas mengenai perhitungan kelayakan ekonomi (investasi) secara mendalam, namun tetap mempertimbangkan reduksi biaya kualitas (*Cost of Poor Quality*) sebagai dampak dari usulan perbaikan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Kajian literatur merupakan jurnal ilmiah dan penelitian terdahulu yang sesuai dengan topik penelitian yang dilakukan yang berfungsi memberikan pemahaman lebih terkait permasalahan guna membantu dalam penyelesaian permasalahan dalam penelitian ini. Kajian literatur ini diawali dengan melakukan pencarian referensi untuk mengetahui metode yang sesuai digunakan pada perancangan produk *overhead crane*. Pencarian dilakukan melalui basis data *Google Scholar* dengan diawali penggunaan kata kunci utama "metode perancangan produk". Berdasarkan hasil pencarian awal, didapatkan beberapa metode yang biasa digunakan dalam perancangan produk, lalu pencarian diarahkan spesifik kepada metode-metode yang telah didapatkan sebelumnya. Didapatkan metode-metodenya, yaitu metode VDI 2221, Pahl & Beitz, Ulrich & Eppinger, *Quality Function Deployment (QFD)*, *Design for Manufacturing and Assembly (DFMA)*, serta *Reverse Engineering*. Berdasarkan metode-metode tersebut disusunlah kajian literatur sebagai referensi terkait metode-metode perancangan produk tersebut.

Penelitian yang dilakukan terkait perancangan alat bantu angkat berupa *overhead crane* berupaya untuk meningkatkan kualitas produk pengecoran logam dan optimalisasi sistem kerja di CV. Fatma Karya Indah. Dalam merubah sistem kerja penuangan dari sistem konvensional menjadi sistem mekanis diperlukan sebuah perancangan produk yang sesuai dengan kebutuhan. Terdapat beberapa pilihan metode dalam melakukan perancangan produk, salah satunya adalah metode *Verein Deutscher Ingenieure* atau sering disebut metode VDI 2221. Metode *Verein Deutscher Ingenieure* (VDI 2221) merupakan metode yang biasa digunakan untuk merancang produk. Metode VDI 2221 menggunakan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi yang diharapkan mampu memudahkan perancangan dalam memecahkan permasalahan yang ada (Siregar & Syahril, 2021). Metode tersebut memiliki keunggulan dalam mengurai permasalahan perancangan yang kompleks menjadi Langkah-langkah terstruktur, mulai dari spesifikasi hingga dokumentasi detail. Hal tersebut terbukti dalam penelitian (Gosal, Daywin, & Adiarto, 2023) yang menggunakan metode VDI 2221 dalam pengoptimalan pemilihan material dan teknologi dalam penelitian mereka terkait perancangan alat angkut

ergonomis guna meminimalkan risiko cedera pada pekerja. Selain itu, metode VDI 2221 sangat baik dalam memfasilitasi integrasi teknologi dan aspek ekonomi. Penelitian oleh (Anwar & Nugroho, 2022) menunjukkan bahwa metode VDI 2221 memungkinkan perancang untuk melakukan evaluasi teknis pada tiap fase, sehingga rancangan yang dihasilkan memiliki tingkat operasional yang tinggi. Bagi industri yang menggunakan system *make to order* (MTO) seperti CV. Fatma Karya Indah, karakteristik metode VDI 2221 yang fleksibel namun terstruktur cocok dan akan membantu dalam mempercepat proses perancangan produk.

Metode Pahl dan Beitz merupakan metode perancangan produk yang mirip dengan metode VDI 2221 namun lebih berfokus pada struktur fungsi teknis yang lebih mendalam. Kelebihan metode ini Adalah sangat efektif digunakan pada perancangan mesin dengan kompleksitas tinggi serta pengorganisasian masalah kompleks yang didasarkan pada level masalah yang ada (Dwiaji & Nasution, 2023). Dalam penelitian oleh (Dwiaji & Nasution, 2023) penggunaan metode ini menghasilkan mesin yang mampu bekerja secara efektif sesuai kapasitas yang sudah direncanakan. Relevansi penelitian tersebut dengan perancangan produk *overhead crane* ada pada perencanaan yang detail Dimana metode ini menawarkan kelebihan dalam penyelesaian masalah. Metode ini memiliki 4 tahapan dalam perancangan produknya, yaitu perencanaan dan penjelasan tugas, perancangan konsep produk, perancangan bentuk produk, dan perancangan detail (Pasaribu, Silviana, Siregar, & Susilawati, 2025).

Berganti ke metode pengembangan produk berbasis pasar, metode Ulrich & Eppinger merupakan metode yang memiliki keunggulan pada fokusnya yang kuat terhadap identifikasi kebutuhan pelanggan (*customer needs*) dan pengembangan desain produk yang modular. Penelitian oleh (Tjahjaindra, Widodo, & Ahmad, 2024) menunjukkan bahwa metode ini efektif digunakan dalam menciptakan alat bantu dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna dan kondisi lapangan yang ada. Selain itu, metode ini memang biasa digunakan untuk mengintegrasikan antara kebutuhan subjektif dari konsumen dengan validasi teknis yang objektif. Sesuai seperti pada penelitian (Hartono, Laurence, & Subandi, 2020) yang terbukti bahwa penggunaan metode ini unggul dalam mentransformasikan data antropometri dan kuesioner menjadi sebuah desain produk, dimana setiap fase pengembangan produk dilakukan secara sistematis. Pada penelitian lain oleh (Fatahillah, Wulandari, Sakti, & Riandadari, 2023) diketahui bahwa metode ini memiliki kemampuan untuk dikolaborasikan dengan analisis

struktur berbasis komputer. Dengan metode ini, desain yang dihasilkan tidak hanya memenuhi aspek keinginan, namun juga teruji kekuatannya secara struktural.

Selain itu, terdapat metode *Quality Function Deployment* (QFD) yang merupakan metode untuk menerjemahkan kebutuhan konsumen ke dalam sebuah rancangan produk yang memiliki karakteristik tertentu. Kebutuhan konsumen biasanya diketahui melalui kuesioner agar didapatkan karakteristik suatu produk, sesuai dengan penelitian oleh (Wahyuni, Nursubiyantoro, & Awaliah, 2020) yang melakukan perancangan helm menggunakan metode QFD. Dengan penggunaan kuesioner pada pengguna memungkinkan rancangan produk dapat sesuai dengan kebutuhan dan keinginan dari pengguna sehingga membuat hasil akhir produk lebih terasa personal dengan penggunanya. Metode QFD dimulai dengan mengetahui pelanggan dan kebutuhannya yang biasa didapatkan melalui suara pelanggan atau lebih sering disebut "*Voice of Customers*". Metode QFD memiliki beberapa manfaat antara lain, mengurangi biaya karena perbaikan dilakukan sesuai kebutuhan, meningkatkan pendapatan, dan mengurangi waktu produksi. Metode QFD memiliki 4 tahapan yaitu, perencanaan produk, desain produk, perencanaan proses, dan perencanaan pengendalian proses. (Lestari, Wardah, & Ihwan, 2020).

Berbeda dengan metode-metode sebelumnya, metode *Design For Manufacturing and Assembly* (DFMA) merupakan metode yang digunakan untuk menganalisis suatu produk guna melakukan perancangan ulang dengan tujuan membuatnya lebih mudah untuk diproduksi (Islahudin & Khoir, 2024). Keunggulan metode ini adalah kemampuan dan kemudahan dalam mengontrol biaya. Prinsip dasar metode DFMA adalah dengan mengidentifikasi dan memecahkan masalah terkait manufaktur dan perakitan komponen dalam tahap awal perancangan. Sesuai dengan penelitian oleh (Azalia & Mendrofa, 2023) yang menggunakan metode DFMA dalam melakukan perbaikan produk blender *portable*. Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mengantisipasi potensi masalah yang dapat memengaruhi hasil akhir produk sejak awal perancangan produk. Dengan demikian, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan metode DFMA mampu memperbaiki produk dalam mengeliminasi proses perakitan yang memakan waktu dan menjadi lebih sederhana.

Sebagai pelengkap, metode *reverse engineering* juga ditemukan dalam beberapa studi kasus terkait perancangan produk. Metode *reverse engineering* merupakan perancangan ulang sebuah produk. Tujuan dari metode ini adalah untuk menyimpulkan

hasil akhir sebuah produk akhir dengan atau tanpa pengetahuan tambahan. Secara singkat metode *reverse engineering* merupakan kegiatan membongkar suatu objek untuk mengetahui cara kerja dengan tujuan menduplikasi ataupun melakukan peningkatan pada objek tersebut (Hakim, Rusnaldy, & Paryanto, 2023). Penelitian oleh (Evaprast, Daywin, & Gozali, 2024) yang menggunakan metode *reverse engineering* dan VDI 2221 dalam pengembangan alat bantu mobilitas untuk barang-barang berdimensi besar dan berat guna meningkatkan efisiensi operasional serta mengurangi risiko kerusakan pada peralatan. Pengintegrasian metode tersebut terbukti dalam mengidentifikasi kekurangan pada sistem yang sudah ada dan menyempurnakannya melalui perancangan produk yang sistematis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perancangan alat bantu tersebut mampu memberikan kemudahan manuver dan memiliki durabilitas yang baik.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

Penulis	Objek		Metode				
	Perancangan Alat Angkat	Perancangan Alat non-Angkat	VDI 2221	Reverse Engineering	DFMA	QFD	Ulrich & Eppinger
(Gosal, Daywin, & Adianto, 2023)	✓		✓	✓			
(Anwar & Nugroho, 2022)		✓	✓				
(Tjahjaindra, Widodo, & Ahmad, 2024)		✓					
(Wahyuni, Nursubiyantoro, & Awaliah, 2020)		✓				✓	
(Azalia & Mendrofa, 2023)		✓			✓		

Penulis	Objek		Metode				
	Perancangan Alat Angkat	Perancangan Alat non-Angkat	VDI 2221	<i>Reverse Engineering</i>	DFMA	QFD	Ulrich & Eppinger
(Lestari, Wardah, & Ihwan, 2020)		✓				✓	
(Siregar & Syahrial, 2021)		✓	✓				
(Islahudin & Khoir, 2024)		✓			✓		
(Hakim, Rusnaldy, & Paryanto, 2023)		✓		✓			
(Evaprast, Daywin, & Gozali, 2024)	✓		✓	✓			
(Dwiaji & Nasution, 2023)		✓					
(Pasaribu, Silviana, Siregar, &		✓					

Penulis	Objek		Metode				
	Perancangan Alat Angkat	Perancangan Alat non-Angkat	VDI 2221	<i>Reverse Engineering</i>	DFMA	QFD	Ulrich & Eppinger
Susilawati, 2025)							
(Hartono, Laurence, & Subandi, 2020)	✓						
(Fatahillah, Wulandari, Sakti, & Riandadari, 2023)		✓				✓	✓
(Hartono, Laurence, & Subandi, 2020)	✓						✓
(Tjahjaindra, Widodo, & Ahmad, 2024)		✓					✓

Berdasarkan hasil kajian literatur dari berbagai penelitian perancangan produk dengan penggunaan metode berbeda, dapat disimpulkan dalam penelitian perancangan produk *overhead crane* pada CV. Fatma Karya Indah untuk penyelesaian permasalahan pengangkutan metode yang cocok digunakan Adalah metode VDI 2221. Metode VDI 2221 dipilih karena memiliki karakteristik iteratif yang sangat terstruktur dan berfokus pada dekonstruksi fungsi teknis secara mendalam, yang sangat krusial untuk proyek mekanisasi sistem produksi spesifik seperti perancangan *overhead crane* ini. Berbeda dengan metode Ulrich & Eppinger yang lebih berorientasi pada pengembangan produk komersial baru berbasis riset pasar, atau metode perancangan umum lainnya yang kurang mendetail pada fase abstraksi konseptual, VDI 2221 memberikan fleksibilitas ilmiah untuk memetakan masalah operasional aktual di lantai produksi menjadi sub-fungsi mekanis yang rigid menggunakan Matriks Morfologi. Pendekatan berbasis pemetaan fungsi ke solusi fisik ini memastikan bahwa setiap variabel kritis, seperti kestabilan kecepatan tuang (*pouring speed*) dan pencegahan penurunan suhu cairan logam (*heat loss*) dapat diakomodasi secara objektif, sehingga menghasilkan keputusan desain akhir yang terbukti aman secara struktural serta paling efektif dalam mereduksi tingkat cacat produk secara signifikan.

Metode tersebut memiliki karakteristik yang sesuai dengan permasalahan yang ada karena metodenya terstruktur dan sistematis, Dimana tiap fasenya dibagi menjadi Langkah-langkah mulai dari klasifikasi tugas hingga dokumen produk akhir. Selain itu, metode ini memiliki fase evaluasi desain yang memungkinkan untuk membandingkan konsep desain yang sesuai dengan tata letak Perusahaan. Metode ini juga dipilih karena merupakan pendekatan yang biasa digunakan dalam perancangan teknis, dibandingkan dengan metode lain seperti ulrich & Eppinger yang lebih berfokus pada pasar, dan QFD yang bersifat subjektif.

2.2 Landasan Teori

Landasan teori merupakan serangkaian konsep, asumsi, konstruk, dan proposisi untuk menjelaskan suatu fenomena yang digunakan sebagai acuan dalam sebuah penelitian yang dilakukan (Ikhlās, Kustati, & Sepriyanti, 2023). Landasan teori merupakan hal yang penting karena merupakan kerangka konseptual yang mendukung penelitian agar dapat terlaksana secara sistematis. Dalam penelitian ini, landasan teori yang digunakan mencakup pembahasan terkait pengecoran logam, cacat (*defects*) produk, metode perancangan, serta jenis *crane* yang digunakan sebagai solusi permasalahan yang ada.

2.2.1 Perancangan dan Pengembangan Produk

Perancangan dan pengembangan produk merupakan kegiatan yang dimulai dari analisis kebutuhan dan potensi pasar, lalu diakhiri dengan tahap perancangan produk. Pengembangan produk berisi gagasan sistematis produk baru atau modifikasi produk lama dengan Gambaran teknis secara jelas guna memenuhi kebutuhan konsumen, baik berupa produk fisik maupun non-fisik (Wahyuni, Nursubiyantoro, & Awaliah, 2020). Perancangan produk yang baik harus mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu, guna mendapatkan hasil rancangan yang paling optimal dan sesuai kebutuhan penggunaannya. Selain itu, rancangan produk yang baik tidak hanya mampu bekerja dengan baik, namun juga memiliki kualitas yang konsisten dan biaya produksi yang sesuai kemampuan penggunaannya.

2.2.2 Sistem Penanganan Material (*Material Handling*)

Sistem penanganan material atau biasa disebut *material handling* merupakan proses penanganan, pemindahan, penyimpanan, dan pengendalian material yang melibatkan pengaturan jumlah, kondisi, dan jenis bahan baku pada tempat dan waktu yang tepat dengan penggunaan biaya yang efisien (Putri, Ranzani, Sihombing, Fauzi, & Wulandari, 2024). Tujuan utama dari *material handling* merupakan peningkatan efisiensi alur produksi dengan meminimalkan jarak dan waktu perpindahan, yang akan berdampak pada penurunan ongkos *material handling* dan jangka Panjang (Putri & Suhartini, 2024). Dalam dunia industri, sistem *material handling* yang buruk tidak hanya meningkatkan biaya operasional, namun juga meningkatkan risiko kerusakan material. Selain itu, perancangan sistem *material handling* juga difokuskan pada pemilihan peralatan yang sesuai dengan karakteristik kebutuhan dan beban yang ada. Dengan adanya pemilihan peralatan yang tepat akan memudahkan dalam proses *material handling* dan meningkatkan konsistensi produksi yang ada.

2.2.3 Pengecoran Logam

Pengecoran logam merupakan kegiatan manufaktur yang dilakukan dengan cara mencairkan logam di dalam tungku pencairan, lalu menuangkannya ke dalam cetakan yang di desain sesuai dengan produk yang diinginkan. Setelah cetakan terisi dengan logam cair dan mengalami proses pendinginan, produk dapat dikeluarkan dari cetakan untuk proses selanjutnya (Haris, Gunawan, Luthfi, & Rakhman, 2024). Pengecoran logam dengan menggunakan cetakan pasir merupakan

metode pengecoran logam yang sering digunakan karena mudah dan ekonomis, terutama untuk memproduksi benda dengan berbagai ukuran. Metode pengecoran ini merupakan metode cetakan sekali pakai, Dimana cetakan pasir nantinya akan dihancurkan untuk mengeluarkan benda kerja setelah logam dingin (Andika & Subekti, 2022). Berikut merupakan tahapan dari pengecoran logam menggunakan cetakan pasir (*sand casting*):

1. Pembuatan Pola (*pattern*)

Pola dibuat sesuai dengan produk yang diinginkan dengan memperhitungkan factor penyusutan logam saat membeku.

2. Pembuatan Cetakan

Pasir dicampur dengan pengikat dan dipadatkan dengan pola yang sudah dibuat sebelumnya di dalam kotak cetak (*flask*) yang terdiri dari bagian atas dan bawah.

3. Sistem Saluran Logam Cair (*gating system*)

Saluran masuk logam cair dibuat untuk memasukkan cairan logam kedalam cetakan pasir yang sudah dibuat agar logam cair dapat mengisi cetakan secara sempurna.

4. Pencairan Logam

Proses ini merupakan proses pencairan logam menggunakan tungku pencairan, Dimana suhu pada proses ini merupakan hal yang penting untuk memastikan kualitas logam nantinya.

5. Penuangan Logam (*pouring*)

Setelah logam dicairkan, logam cair dituangkan ke cetakan yang sudah dibuat sebelumnya, proses ini membutuhkan kecepatan karena suhu yang tidak sesuai dapat membuat hasil produk menjadi cacat.

6. Pembongkaran dan Pembersihan

Setelah logam membeku, cetakan pasir dihancurkan dan cor dibersihkan dari sisa pasir dan sistem saluran logam cair yang menempel

2.2.4 Alat Angkat *Overhead Crane*

Overhead Crane merupakan alat bantu angkat yang digunakan biasanya dalam industri yang membutuhkan alat untuk mengangkat ataupun memindahkan barang dengan berat yang melebihi kapasitas manusia (konvensional). *Overhead crane* merupakan salah satu jenis *crane* yang membawa *hoist* dan berjalan di atas kepala pada landasan tetap seperti jembatan melintang

(Khairansyah, Amrullah, & Qurratulaini, 2024). *Hoist* berfungsi sebagai pengangkat dan penggerak pada jembatan yang ada. *Overhead crane* memiliki beberapa komponen antara lain:

1. Lintasan (*runway rail*)

Berfungsi sebagai jalan maju-mundur untuk *crane* pada lintasan yang telah ditentukan.

2. *Drum*

Merupakan penggulung tali baja .

3. Jembatan Palang

Merupakan lintasan bagi *crane* untuk bergerak ke kanan ataupun kiri.

4. Motor Penggerak Roda

Berfungsi untuk menggerakkan roda pada lintasan agar *crane* dapat bergerak maju mundur.

5. Motor Penggerak

Berfungsi sebagai roda dari palang *crane* yang ada.

6. Motor Penggerak Naik/Turun (*hoist*)

Berfungsi untuk mengangkat ataupun menurunkan benda yang dikaitkan pada pengait yang ada.

7. Tali Baja

Sebagai perantara antara pengait dan *hoist* sebagai mesin pengangkat *crane*.

Mesin ini memiliki prinsip mengangkat dan menurunkan beban berat. Dalam pengoperasiannya, benda yang diangkat harus bebas dari segala halangan agar mudah diangkat dan diletakkan sesuai posisi yang diinginkan (Azhar, Ajinar, & Zainuddin, 2022).

2.2.5 Metode *Verein Deutcher Ingenieure* (VDI 2221)

Metode *Verein Deutcher Ingenieure* (VDI 2221) merupakan metode yang biasa digunakan untuk merancang produk. Metode VDI 2221 menggunakan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan suatu permasalahan dengan mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi yang diharapkan mampu memudahkan perancangan dalam memecahkan permasalahan yang ada. Metode perancangan sistematis merupakan pemecahan masalah secara bertahap dalam melakukan analisis (Siregar & Syahrial, 2021). Metode VDI 2221 ditulis dalam buku karya Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz dengan judul *Engineering Design : A Systematic Approach* (Bawono, Mulyana, & Maladzi, 2024). Metode VDI 2221 memiliki tahapan dalam penerapannya, yaitu:

1. Klasifikasi Tugas (*Task Classification*)

Penjabaran klasifikasi tugas merupakan pengumpulan informasi terkait permasalahan dan kendala yang dihadapi. Setelah itu, dihasilkan persyaratan atau spesifikasi terkait rancangan yang akan dibuat (Rae, Mangesa, & Tarigan, 2022).

2. Penentuan Konsep Desain (*Design Conceptual*)

Tahap ini berisi terkait abstrak, struktur fungsi, dan cara terbaik untuk menyelesaikan masalah yang ada. (Bawono, Mulyana, & Maladzi, 2024).

3. Perancangan Wujud Desain (*Embodiment Concept*)

Tahapan ini dimulai dengan ide produk yang akan dirancang. Lalu, diuraikan dengan menggunakan kriteria Teknik dan dasar perancangan untuk dikembangkan menjadi rancangan yang lebih rinci (Bawono, Mulyana, & Maladzi, 2024).

4. Perancangan Detail

Tahapan ini merupakan proses perancangan dalam bentuk gambar detail yang berisikan daftar komponen, spesifikasi bahan, toleransi, dan lainnya. Pada tahapan ini, semua rancangan didokumentasikan agar produk dapat di buat sesuai rancangan yang ada (Rae, Mangesa, & Tarigan, 2022).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

CV. Fatma Karya Indah adalah perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran logam yang memproduksi berbagai macam jenis peralatan berbahan baku logam, salah satu produknya adalah *pully*. Objek penelitian ini difokuskan pada proses penuangan (*pouring*) logam cair yang saat ini masih dilakukan secara manual oleh operator dengan menggunakan wadah tuang (*ladle*). Tujuan dari penelitian ini Adalah untuk mengurangi Tingkat cacat yang dihasilkan dari ketidakstabilan (turbulensi) penuangan cairan logam dan suhu yang menurun akibat lamanya proses penuangan manual, serta meminimalisir risiko kecelakaan kerja ketika proses penuangan berlangsung.

Dalam melakukan perancangan alat bantu kerja, digunakan metode VDI 2221 dalam merancang alat bantu angkat *crane* untuk memudahkan penuangan. Perancangan dilakukan secara sistematis untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan kebutuhan yang ada. Data yang digunakan berasal dari observasi dan pengambilan data secara langsung di lantai produksi, mencakup pengukuran dimensi area kerja, identifikasi kapasitas beban angkat, serta analisis kebutuhan operator. Hal tersebut dilakukan guna mendapatkan data aktual sebagai dasar penyusunan *requirement list*, untuk memastikan rancangan desain *craine* mampu memberikan hasil yang optimal dan meningkatkan standar keamanan kerja.

3.2 Sumber Data & Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini didapatkan berdasarkan observasi dan pengamatan langsung dalam aktivitas penuangan (*pouring*) logam cair pada proses produksi di CV. Fatma Karya Indah. Selain itu, data juga berasal dari pengukuran dimensi fasilitas kerja, berat beban muatan logam cair, dan data historis cacat produk *pully* yang tersedia di Perusahaan. Berikut merupakan jenis data yang digunakan dalam penelitian ini:

1. Data Primer

Data primer merupakan data yang didapatkan melalui observasi dan pengambilan data secara langsung pada proses produksi. Hal ini meliputi, kapasitas berat penuangan, waktu siklus penuangan, dan dimensi *ladle* yang ada, serta area produksi yang dibutuhkan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari dokumen internal CV. Fatma Karya Indah, berupa data jumlah cacat produk *pully*, profil Perusahaan, serta literatur pendukung yang relevan dengan penelitian ini.

3.3 Metode Pengumpulan Data

Berikut merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Observasi

Observasi dilakukan pada proses produksi terutama pada proses penuangan cairan logam. Hal ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas kecuran logam ketika dilakukan penuangan secara manual, waktu siklus penuangan, serta beban yang diterima operator ketika melakukan penuangan.

2. Wawancara

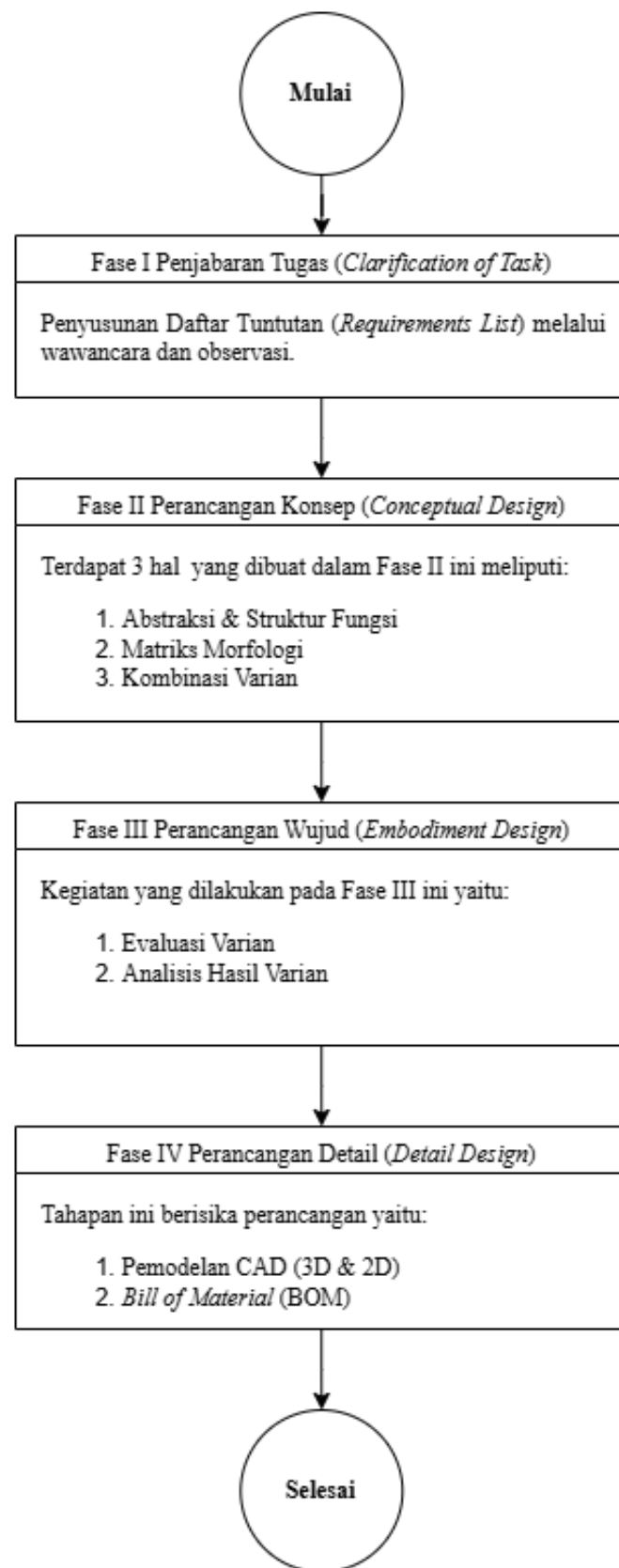
Wawancara dilakukan dengan melakukan tanya jawab kepada kepala produksi dan operator di bagian pengecoran terkait permasalahan dalam penelitian. Topik wawancara berupa kendala teknis dalam proses penuangan, frekuensi terjadinya cacat produk akibat ketidakstabilan penuangan, dan alat bantu apa yang bisa membantu menyelesaikan permasalahan tersebut.

3. Diskusi

Diskusi dilakukan dengan manajemen CV. Fatma Karya Indah beserta operator untuk membahas spesifikasi dan Batasan alat bantu yang dibutuhkan. Hasil dari diskusi tersebut digunakan untuk menentukan daftar tuntutan (*requirement list*) sesuai tahapan pada metode VDI 2221. Hal tersebut dimaksudkan untuk memastikan rancangan desain *crane* nantinya relevan dan optimal sesuai kebutuhan Perusahaan.

3.4 Alur Metode Penelitian

Alur metode penelitian ini didapatkan berdasarkan beberapa penelitian yang menggunakan metode serupa, yaitu VDI 2221. Penelitian yang digunakan sebagai referensi alur penelitian ini adalah penelitian oleh (Bawono, Mulyana, & Maladzi, 2024) yang menggunakan metode VDI 2221 dalam merancang mesin pencetak briket, (Rahmat, et al., 2024) dalam perancangan mesin *stirling*, dan (Dermawan & Wibowo, 2023) dalam merancang mesin pengupas kulit kentang. Berikut merupakan alur dari metode penelitian yang digunakan pada penelitian di CV. Fatma Karya Indah:



Gambar 3. 1 Alur Metode Penelitian

Berikut merupakan penjelasan dari Gambar 3.1 Alur Metode Penelitian:

1. Mulai

Merupakan tahapan dimulainya penelitian pada CV. Fatma Karya Indah.

2. Fase I Penjabaran Tugas (*Clarification of the Task*)

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan batasan melalui observasi dan wawancara dari keinginan dan kebutuhan pengguna. Berikut merupakan penjabaran dari tahapan yang dilakukan pada Fase I:

Tabel 3. 1 Tahapan Fase I

Aktivitas		Keterangan	Hasil
Identifikasi & Klasifikasi Kebutuhan	Melakukan wawancara Batasan desain yang guna memisahkan antara (D) dan <i>Wishes</i> (W).	observasi dan dokumen untuk menentukan diinginkan List)	Daftar Tuntutan (<i>Requirement List</i>)

Proses wawancara dilakukan kepada Manager Operasional CV. Fatma Karya Indah dikarenakan Manager Operasional memiliki pemahaman yang menyeluruh terkait seluruh alur produksi yang ada. Informasi yang didapatkan dari pihak manager ini digunakan untuk memetakan urgensi perancangan alat dimana data yang digunakan tidak hanya bersifat teknis namun telah disesuaikan dengan kebutuhan perusahaan.

Penentuan daftar tuntutan menjadi *Demand* (D) didasarkan pada syarat yang wajib dan harus dipenuhi oleh produk rancangan dalam kondisi apapun. Jika satu saja poin *demand* tidak terpenuhi oleh suatu varian konsep, maka konsep tersebut wajib langsung digugurkan karena dianggap gagal memenuhi fungsi dasar. Sedangkan, untuk *Wishes* (W) merupakan sebuah parameter harapan atau yang lebih diinginkan oleh pengguna untuk memberikan nilai tambah. Namun, jika *wishes* tidak terpenuhi, rancangan tidak perlu digugurkan dan tetap dianggap layak.

3. Fase II Perancangan Konsep (*Conceptual Design*)

Fase ini merupakan fase yang digunakan untuk mencari solusi prinsip dari permasalahan yang ada. Berikut merupakan penjabaran dari tahapan yang dilakukan pada Fase II:

Tabel 3. 2 Tahapan Fase II

Aktivitas		Keterangan	Hasil
Penyusunan Fungsi	Struktur	Memetakan aliran energi, material (logam cair), dan sinyal kontrol pada alat.	Diagram Blok Struktur Fungsi
Pengembangan (Matriks Morfologi)	Solusi	Mencari variasi komponen (misal: jenis penggerak manual/motor, jenis profil baja, jenis pengait <i>ladle</i>).	Matriks Morfologi
Kombinasi Varian		Menggabungkan solusi-solusi prinsip menjadi beberapa alternatif konsep.	Sketsa Varian Desain (Min. 3 Varian)
Estimasi Biaya		Total estimasi biaya yang dibutuhkan untuk merancang varian berdasarkan harga yang ada di pasaran.	Tabel Estimasi Biaya

4. Fase III Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

Tahapan ini merupakan pemilihan konsep dan mulai analisis secara teknis. Berikut merupakan tahapan pada Fase III:

Tabel 3. 3 Tahap Fase III

Aktivitas	Keterangan	Hasil
Seleksi & Evaluasi	Penilaian varian berdasarkan kriteria teknis dan ekonomi menggunakan sistem bobot skor.	Konsep Desain Terpilih

5. Fase IV Perancangan Detail (*Detail Design*)

Fase ini merupakan tahap akhir untuk menghasilkan dokumen produksi. Berikut merupakan tahapan pada Fase IV:

Tabel 3. 4 Tahap Fase IV

Aktivitas	Keterangan	Hasil	
Pemodelan CAD	Membuat representasi visual yang akurat dalam bentuk 3D dan 2D (proyeksi).	Gambar	Kerja
Penyusunan Dokumen Produksi	Membuat daftar detail seluruh bagian alat, jumlah, dan spesifikasi material.	<i>Bill of Materials</i> (BOM)	

6. Selesai

Tahap akhir dimana penelitian telah dilaksanakan secara keseluruhan.

BAB IV

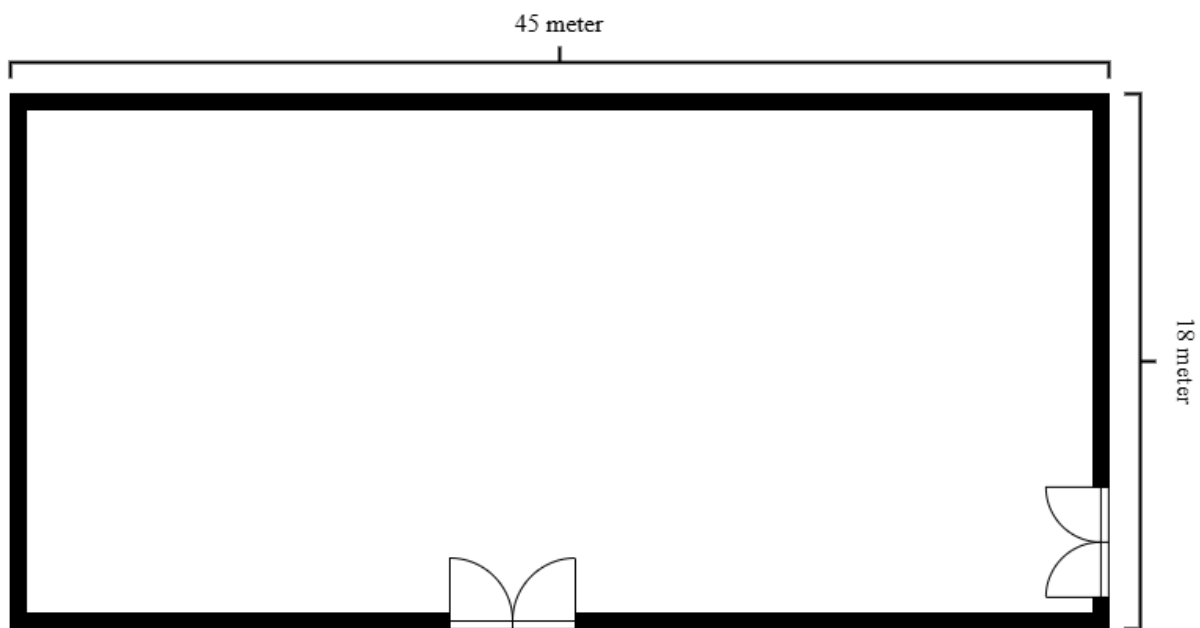
PENGUMPULAN & PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan bagian yang penting dalam metode perancangan desain VDI 2221 yang berfungsi untuk mengidentifikasi seluruh kebutuhan teknis dan operasional di lapangan. Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini berfungsi untuk basis informasi dalam menyusun daftar tuntutan yang akan mengarahkan seluruh proses pengembangan konsep alat. Berikut merupakan hasil pengumpulan data berdasarkan wawancara dan observasi langsung di perusahaan:

4.1.1 Spesifikasi Area Kerja

Berikut merupakan area kerja pada CV. Fatma Karya Indah:



Area kerja yang menjadi lokasi perancangan dan implementasi *overhead crane* merupakan fasilitas *workshop* pengecoran logam dengan bentuk dasar persegi panjang, yang memiliki dimensi total panjang 45 meter dan lebar 18 meter. Berdasarkan ilustrasi tata letak area ini menyediakan total luas lantai efektif sebesar 810 meter persegi, yang telah dioptimalkan untuk memfasilitasi alur produksi pengecoran yang kontinu dan terintegrasi. Struktur bangunan ini dirancang untuk menopang sistem *overhead crane* dengan jalur rel statis yang dipasang

memanjang sepanjang 45 meter pada sisi kiri dan kanan dinding bangunan, guna memastikan jangkauan transportasi beban yang maksimal di seluruh lantai produksi.

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data pada penelitian ini menggunakan metode *Verein Deucher Ingenieure* (VDI 2221). Berikut merupakan tahapan pengolahan data pada penelitian ini:

4.2.1 Fase I: Penjabaran Tugas (*Clarification of Task*)

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi seluruh Batasan dan kebutuhan yang harus dipenuhi pada desain *crane* penuangan. Data diperoleh dari hasil observasi dan wawancara dengan omanager operasional di CV. Fatma Karya Indah. Berikut merupakan hasil dari wawancara yang didapatkan:

1. Alat mampu bekerja dibawah atap setinggi 5 meter.
2. Jangkauan lengan alat mampu bergerak ke samping dengan radius 15 meter dan ke depan belakang hingga 45 meter.
3. Rangka menggunakan bahan yang tahan terhadap paparan suhu tinggi dari logam cair di sekitar tungku.
4. Alat diharapkan dapat beroperasi secara semi-otomatis.
5. Menggunakan daya listrik rendah.
6. Alat mudah untuk dibongkar untuk proses perawatan ataupun perbaikan.
7. Memiliki warna yang mencolok dan tetap terlihat estetik.
8. Memiliki rem pada lintasan roda.
9. Terdapat pengunci penuangan.
10. Alat dapat bergerak fleksibel dari titik pengambilan logam cair ke seluruh titik penuangan.
11. Menggunakan material yang ekonomis untuk meminimalkan biaya investasi.
12. Mempercepat waktu penuangan dibandingkan dengan metode manual.
13. Mampu mengangkat beban hingga 5000kg dan kapasitas ladle 500 kg yang berisikan logam cair.
14. Alat dapat dikendalikan dengan mudah oleh maksimal 4 orang.
15. Alat dapat diatur kecepatannya sesuai kebutuhan.
16. Terdapat indikator beban digital untuk mengetahui total beban yang sedang diangkat.
17. Desain struktur penyangga tidak menghalangi jalur lalu lintas pekerja.

18. Roda dan lintasan dirancang dengan toleransi terhadap debu pasir cetak agar tidak mudah macet atau selip saat bermanuver.

Berdasarkan hasil wawancara di atas, dilakukan klasifikasi tugas dimana terdapat daftar kehendak yang dibagi menjadi dua kategori yaitu: permintaan (kebutuhan) dan keinginan yang dilambangkan dengan D (*demand*) dan W (*wishes*). Berikut merupakan tabel klasifikasi perancangan yang didapatkan:

Tabel 4. 1 Klasifikasi Perancangan

No.	Parameter	Daftar Kehendak	D/W
1		Alat mampu bekerja di bawah atap setinggi 5 meter	D
2	Geometri	Radius jangkauan lengan 15 meter ke samping dan 45 meter ke depan-belakang.	D
3		Desain penyangga tidak menghalangi jalur lalu lintas pekerja.	D
4	Material	Rangka tahan terhadap paparan suhu tinggi logam cair.	D
5		Material ekonomis untuk meminimalkan biaya investasi.	W
6	Energi	Alat beroperasi secara semi-otomatis	D
7		Konsumsi daya listrik rendah	W
8	Perakitan	Alat mudah dibongkar untuk perawatan ataupun perbaikan.	W
9	Estetika	Warna mencolok dan tetap terlihat estetik.	W
10		Memiliki rem pada lintasan roda.	D
11	Keamanan	Terdapat pengunci pada mekanisme penuangan.	D
12		Adanya indikator beban digital.	D
13	Perawatan	Roda dan lintasan tahan terhadap debu pasir cetak.	D
14	Mobilitas	Bergerak fleksibel dari titik ambil ke seluruh titik penuangan.	D
15		Menggunakan material dengan biaya yang ekonomis.	W
16		Mampu mengangkat beban hingga 5000kg.	D
17		Dikendalikan dengan mudah oleh maksimal 4 orang.	D
18	Pengoperasian	Kecepatan gerak dapat diatur sesuai kebutuhan.	W
19		Mempercepat waktu penuangan dibandingkan dengan metode manual	D

Tabel di atas merupakan hasil mentah wawancara terkait kebutuhan perusahaan akan alat yang akan dirancang, dimana didalamnya masih mengandung hal-hal yang bersifat keinginan (*wishes*) perusahaan akan alat yang akan dirancang nantinya. Namun, guna memastikan alat yang akan dirancang tetap sesuai pada apa yang sebenarnya harus dilakukan oleh alat tersebut maka diperlukan proses penyaringan hasil wawancara. Proses ini dilakukan pada fase selanjutnya yang disebut dengan proses abstraksi.

4.2.2 Fase II: Perancangan Konsep (*Conceptual Design*)

Proses selanjutnya setelah didapatkan klasifikasi perancangan adalah menentukan konsep rancangan dengan dimulai melakukan abstraksi, menentukan struktur fungsi, membuat prinsip Solusi, dan menentukan alternatif kombinasi Solusi.

1. Abstraksi

Abstraksi merupakan perumusan masalah dan analisa terhadap daftar kehendak yang sudah didapatkan sebelumnya. Prinsip dari abstraksi Adalah dengan mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus dan memberikan penekanan pada hal-hal yang bersifat umum dan diperlukan. Terdapat 5 tahapan dalam membuat abstraksi yaitu, membuang hal yang bersifat *wishes*, mengabaikan kehendak yang tidak memiliki hubungan langsung pada fungsi dan kendala utama, mengubah data kuantitatif menjadi kualitatif dan mereduksi menjadi pernyataan pokok, hasil dari langkah sebelumnya dibuat menjadi lebih umum, dan merumuskan masalahnya dalam istilah pemecahan yang netral. Berikut merupakan abstraksi dari daftar kehendak yang didapatkan sebelumnya:

a. Abstraksi I

Abstraksi I Adalah dengan menghilangkan semua pernyataan yang bersifat *wishes* (W) pada daftar kehendak sebelumnya. Berikut merupakan hasil yang didapatkan pada abstraksi I:

Tabel 4. 2 Abstraksi I

No.	Parameter	Spesifikasi	D/W
1	Geometri	Alat mampu bekerja di bawah atap setinggi 5 meter	D

No.	Parameter	Spesifikasi	D/W
2		Radius jangkauan lengan 15 meter ke samping dan 45 meter ke depan-belakang.	D
3		Desain penyangga tidak menghalangi jalur lalu lintas pekerja.	D
4	Material	Rangka tahan terhadap paparan suhu tinggi logam cair.	D
5	Energi	Alat beroperasi secara semi-otomatis	D
6		Memiliki rem pada lintasan roda.	D
7	Keamanan	Terdapat pengunci pada mekanisme penuangan.	D
8		Adanya indikator beban digital.	D
9	Perawatan	Roda dan lintasan tahan terhadap debu pasir cetak.	D
10	Mobilitas	Bergerak fleksibel dari titik ambil ke seluruh titik penuangan.	D
11		Mampu mengangkat beban hingga 5000kg.	D
12	Pengoperasian	Dikendalikan dengan mudah oleh maksimal 4 orang.	D
13		Mempercepat waktu penuangan dibandingkan dengan metode manual	D

b. Abstraksi II

Setelah didapatkan hasil abstraksi I, dilanjutkan dengan melakukan abstraksi II dengan ketentuan mengabaikan kehendak yang tidak memiliki hubungan langsung pada fungsi dan kendala yang ada. Berikut merupakan hasil dari abstraksi II yang didapatkan:

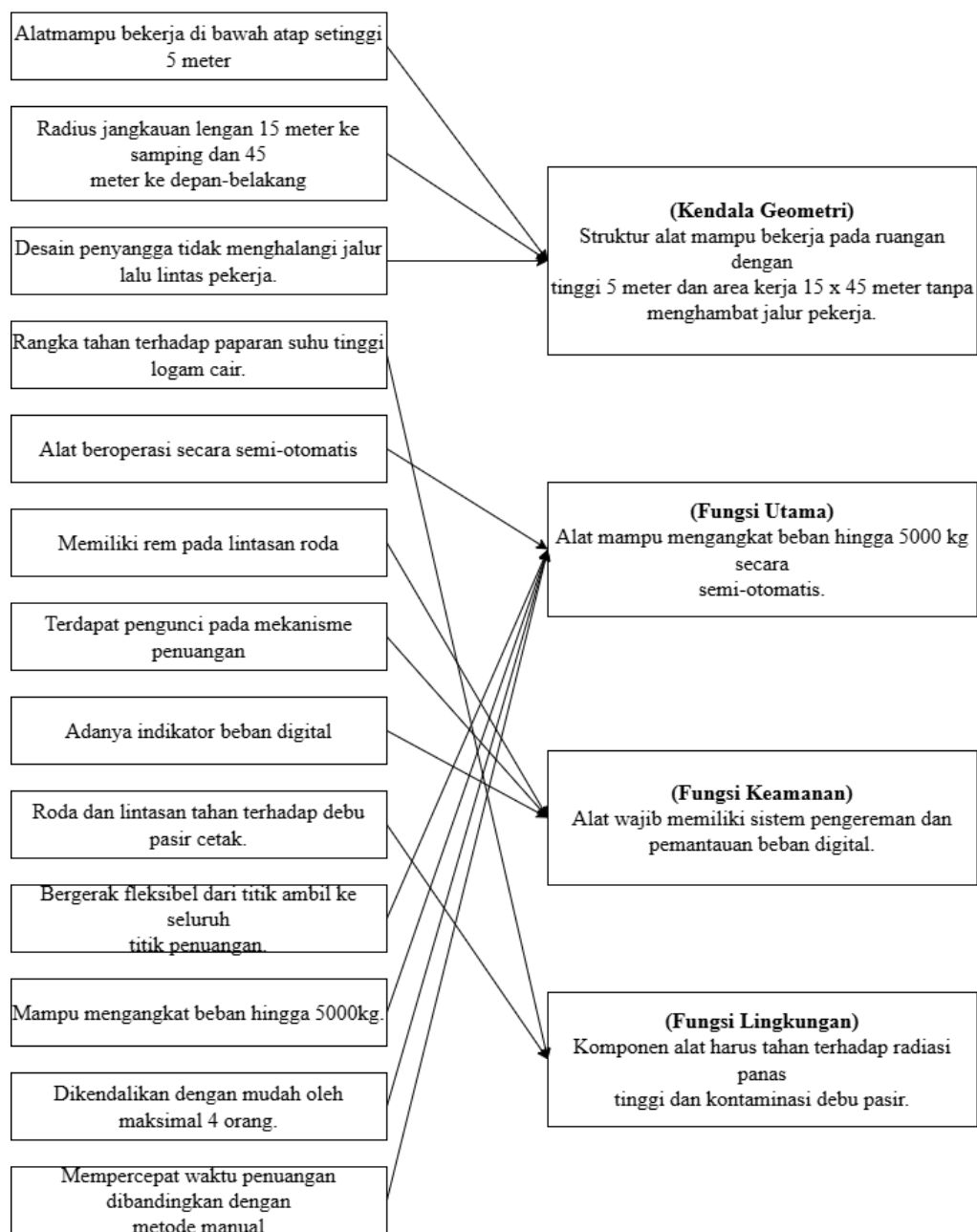
Tabel 4. 3 Abstraksi II

No.	Kategori	Esensi Fungsi & Kendala
1	Kendala Geometri	Struktur alat mampu bekerja pada ruangan dengan tinggi 5 meter dan area kerja 15 x 45 meter tanpa menghambat jalur pekerja.

No.	Kategori	Esensi Fungsi & Kendala
2	Fungsi Utama	Alat mampu mengangkat beban hingga 5000 kg secara semi-otomatis.
3	Fungsi Keamanan	Alat wajib memiliki sistem pengereman dan pemantauan beban digital.
4	Fungsi Lingkungan	Komponen alat harus tahan terhadap radiasi panas tinggi dan kontaminasi debu pasir.

Abstraksi II disusun berdasarkan hasil penyaringan sebelumnya pada abstraksi I. Penyaringan ini dilakukan untuk mengurangi kompleksitas tuntutan menjadi sebuah pernyataan masalah yang murni dan esensial. Berdasarkan hasil penyaringan tersebut, didapatkan 4 kategori utama sebagai fokus perancangan *overhead crane* di CV. Fatma Karya Indah.

Penyederhanaan dalam Abstraksi II ini dilakukan dengan mengelompokkan poin-poin krusial menjadi empat kategori utama. Di bagian geometri, variabel seperti tinggi langit-langit dan jangkauan lengan digabungkan menjadi menjadi satu batasan 'volume ruang kerja' agar mobilitas alat tidak menghambat alur produksi di area pengecoran yang sudah ada sebelumnya. Fungsi utama difokuskan pada kemampuan mengangkat sekaligus memindahkan muatan 5000 kg secara semi-otomatis sebagai tugas inti mesin. Dari sisi keamanan, aspek pengereman, pengunci *ladle*, dan panel digital diposisikan sebagai syarat mutlak demi menjamin keselamatan operasional di lingkungan panas. Terakhir, aspek lingkungan menekankan pada daya tahan material terhadap radiasi termal dan paparan debu pasir. Melalui filter abstraksi ini, kriteria desain menjadi lebih presisi untuk mempermudah perumusan solusi pada fase konsep.



Gambar 4. 1 Matriks Abstraksi II

Berikut merupakan alasan terpilihnya 4 poin utama pada abstraksi II terpilih sebagai representasi dari ke-13 poin pada abstraksi I sebelumnya:

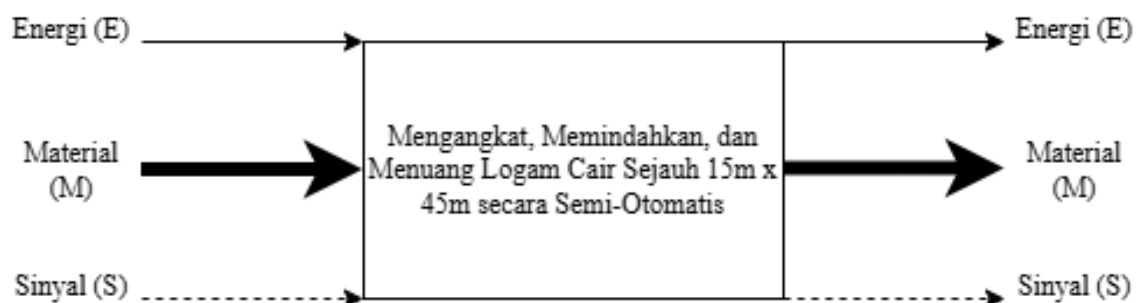
- 1) Kategori kendala geometri berhasil merangkum poin 1,2, dan 3 yang mengatur batasan fisik dari alat.
- 2) Kategori fungsi utama berisikan gabungan dari poin 5, 10, 11, 12, dan 13 yang berfokus pada kemampuan inti alat yaitu mentransformasikan metode manual

yang lambat menjadi sistem semi-otomatis berkapasitas angkat hingga 5000 kg yang mudah dikendalikan dan mampu mengcover seluruh ruangan produksi.

- 3) Kategori Fungsi Keamanan memadatkan poin 6, 7, dan 8 yang berkaitan langsung dengan aspek perlindungan kerja (K3) dan keandalan sistem, yang mengharuskan adanya mekanisme pengereman lintasan roda, sistem pengunci penuangan pada *ladle*, serta indikator pemantauan beban digital demi mencegah risiko kegagalan operasional.
- 4) Kategori Fungsi Lingkungan mencakup poin 4 dan 9 yang secara khusus mengunci kriteria ketangguhan material komponen agar adaptif dan memiliki masa pakai panjang terhadap paparan cuaca kerja ekstrem di area pengecoran CV. Fatma Karya Indah, yaitu radiasi panas tinggi dari logam cair serta kontaminasi debu abrasi dari pasir cetak.

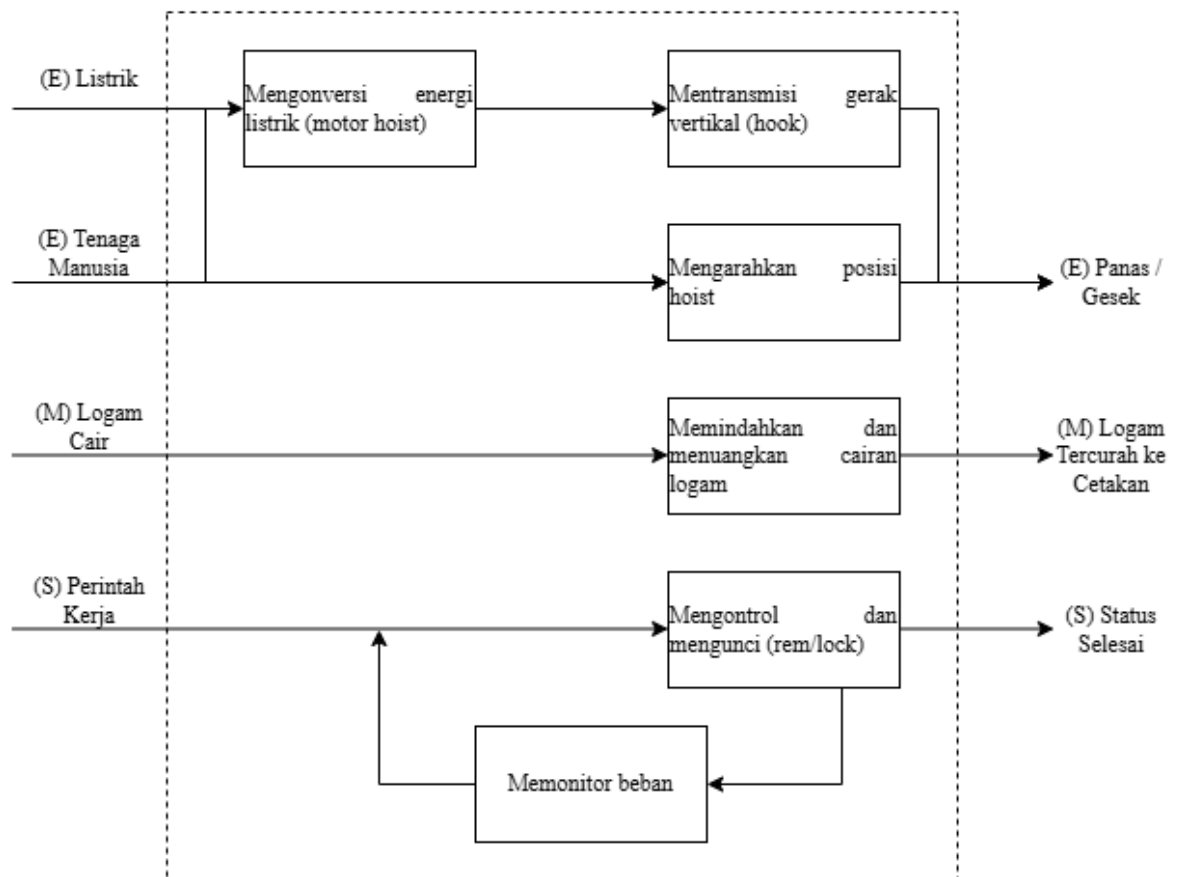
2. Struktur Fungsi

Struktur fungsi merupakan hubungan secara umum antara *input* dan *output* untuk menjalankan tugas tertentu. Jika mengacu pada alat *overhead crane* yang dirancang merupakan cara kerja dari alat tersebut dan dijabarkan menjadi sub fungsi. Sub fungsi merupakan hal-hal yang harus dijalankan dimana terdapat elemen-elemen penyusun alat tersebut dan berisikan rangkaian untuk menjalankan tugas keseluruhan. Berikut merupakan gambar dari fungsi utama yang digambarkan sebagai diagram yang menunjukkan hubungan antara *input* dan *output* keluaran dari alat yang dirancang:



Gambar 4. 2 Struktur Fungsi

Selanjutnya, merupakan struktur fungsi keseluruhan yang digambarkan menjadi lebih detail yang didapatkan dari penjabaran fungsi sebelumnya. Berikut merupakan diagramnya:



Gambar 4. 3 Struktur Sub-Fungsi

Berdasarkan dari struktur sub fungsi sebelumnya, diketahui komponen apa saja yang diperlukan dalam membuat alat *overhead crane* sesuai dengan kebutuhan dan tujuan pembuatan alat. Berikut merupakan komponen utama dan fungsi pada *overhead crane*:

- a. Rangka utama
Berfungsi sebagai penopang seluruh beban sistem.
- b. Sistem pengangkat
Berfungsi untuk melakukan gerak vertikal.
- c. Gerak horizontal
Berfungsi untuk memindahkan beban secara mendatar (horizontal).
- d. Mekanisme penuangan

Berfungsi untuk mengatur kemiringan wadah logam agar cairan dapat tertuang ke dalam cetakan.

e. Sistem pengereman

Berfungsi untuk menghentikan atau menahan posisi alat agar tidak bergeser.

f. Indikator beban

Berfungsi untuk memantau beban yang sedang diangkat secara langsung.

g. Material rangka

Merupakan penentuan jenis material.

h. Kendali operasional

Berfungsi sebagai tampilan untuk operator dalam mengatur alat.

3. Prinsip Solusi

Setelah didapatkan struktur fungsi pada masing-masing bagian alat, dilakukan pemilihan alternatif solusi yang digunakan untuk sub fungsi. Prinsip solusi ini akan dijabarkan berdasarkan komponen utama yang telah didapatkan sebelumnya. Berikut merupakan pilihan alternatif solusi yang diberikan berdasarkan kriteria yang sudah didapatkan:

Tabel 4. 4 Matrik Solusi

No.	Sub Fungsi	Alternatif		
		I	II	III
1	Rangka Utama	 Baja Profil I-Beam	 Baja Profil UNP	 Besi <i>Hollow</i>
2	Sistem Pengangkat	 <i>Electric Wire Rope Hoist</i>	 <i>Electric Chain Hoist</i>	 <i>Manual Chain Hoist</i>

No.	Sub Fungsi	Alternatif		
		I	II	III
3	Gerak Horizontal	 Rel Statis di Atap		
4	Mekanisme Penuangan	 Roda Gigi	 Tuas Hidrolik	
5	Sistem Pengereman	 Rem Magnetik		
6	Indikator Beban	 Load Cell Digital		
7	Material Rangka	 Baja Tahan Karat	 Baja Galvanis	
8	Kendali Operasional	 <i>Pendant Control</i>	 <i>Remote Control</i>	

Hasil solusi teknis pada masing-masing sub-fungsi di atas didapatkan dalam upaya mengatasi permasalahan yang didapatkan sebelumnya. Komponen disesuaikan dengan spesifikasi yang diharapkan agar dapat menciptakan alat *overhead crane* sesuai kebutuhan dan tetap dapat bekerja dengan maksimal. Tahapan selanjutnya adalah melakukan pembuatan alternatif solusi untuk mendapatkan hasil yang paling optimal dari pilihan-pilihan yang ada.

4. Alternatif Kombinasi Solusi.

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan kombinasi untuk mendapatkan beberapa pilihan kombinasi yang selanjutnya dilakukan proses seleksi hingga mendapatkan pilihan yang tepat dan sesuai. Berikut merupakan struktur modul yang didapatkan:

Tabel 4. 5 Struktur Modul

No	Unsur Mesin	Varian 1	Varian 2	Varian 3
1	Rangka Utama	●	●	●
2	Sistem Pengangkat	●	●	●
3	Gerak Horizontal	● ● ●		
4	Mekanisme Penuangan	● ●	●	
5	Sistem Pengereman	● ● ●		
6	Indikator Beban	● ● ●		
7	Material Rangka	● ●	●	
8	Kendali Operasional	● ●	●	

Berdasarkan hasil kombinasi di atas, didapatkan variasi kombinasi sebagai berikut:

Varian 1 (Merah) : 1.1-2.1-3.1-4.1-5.1-6.1-7.1-8.1

Varian 2 (Biru) : 1.2-2.2-3.1-4.2-5.1-6.1-7.2-8.1

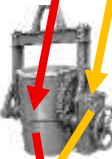
Varian 3 (Kuning): 1.3-2.3-3.1-4.1-5.1-6.1-7.1-8.2

Berikut merupakan gambar alternatif solusi yang didapatkan berdasarkan hasil kombinasi yang telah didapatkan sebelumnya:

- Varian 1 : 
- Varian 2 : 

- Varian 3 : 

Tabel 4. 6 Alternatif Varian Solusi

No.	Sub Fungsi	Alternatif		
		I	II	III
1	Rangka Utama			
2	Sistem Pengangkat			
3	Gerak Horizontal			
4	Mekanisme Penuangan			
5	Sistem Pengereman			
6	Indikator Beban			
7	Material Rangka			
8	Kendali Operasional			

Tabel di atas menjelaskan terkait kombinasi variasi yang didapatkan dari prinsip solusi sebelumnya. Ketiga varian tersebut tidak didapatkan secara acak, melainkan didasarkan pada kebutuhan teknologi dan kemampuan operasional untuk menjawab permasalahan yang ada pada CV. Fatma Karya Indah. Ketiga varian tersebut memiliki fokus utama untuk memecahkan permasalahan pemindahan cairan logam seberat 500 kg dan mampu mengangkat beban hingga 5000 kg. Penjabaran varian ini merupakan landasan sebelum memasuki fase selanjutnya, dimana tiap kombinasi akan di evaluasi menggunakan parameter teknis dan ekonomis untuk menentukan satu solusi desain yang paling sesuai dan optimal untuk diimplementasikan nantinya. Berikut merupakan hasil kombinasi pada masing-masing varian yang telah didapatkan:

Tabel 4. 7 Hasil Kombinasi Varian

No	Komponen	Varian I	Varian II	Varian III
1	Rangka Utama	Baja Profil I-Beam (Estimasi Ukuran 400 x 200 mm)	Baja Profil UNP (Estimasi UNP 300/400 Double)	Besi Hollow (<i>Heavy Wall</i> , 200x200x12mm)
2	Sistem Pengangkat	<i>Electric Wire Rope Hoist</i> (Cap. 5 Ton, <i>lifting</i> 9-12m)	<i>Electric Chain Hoist</i> (Kapasitas 5 ton)	<i>Manual Chain Hoist</i> Kapasitas 5 Ton
3	Gerak Horizontal	Rel Statis (P24 <i>Steel Rail</i>)	Rel Statis (P24 <i>Steel Rail</i>)	Rel Statis (P24 <i>Steel Rail</i>)
4	Mekanisme Penuangan	<i>Ladle / Tungku</i> Penuang 500kg dengan <i>Worm Gearbox</i>	Tungku dengan mekanisme Tuas Hidrolik	<i>Ladle / Tungku</i> Penuang 500kg dengan <i>Worm Gearbox</i>
5	Sistem Pengereman	<i>Magnetic Brake System</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	<i>Magnetic Brake System</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	<i>Magnetic Brake System</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)

No	Komponen	Varian I	Varian II	Varian III
6	Indikator Beban	<i>Load Cell S-Type</i> Digital (Kapasitas 5 ton) + <i>External</i> <i>Display</i>	<i>Load Cell S-Type</i> Digital (Kapasitas 5 ton) + <i>External</i> <i>Display</i>	<i>Load Cell S-Type</i> Digital (Kapasitas 5 ton) + <i>External</i> <i>Display</i>
7	Material Rangka	Plat Baja Tahan Karat (<i>Stainless</i> <i>Steel</i> SUS 304)	Plat Baja Galvanis (Tahan Korosi)	Plat Baja Tahan Karat (<i>Stainless</i> <i>Steel</i> SUS 304)
8	Kendali Operasional	<i>Pendant Control</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	<i>Pendant Control</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	<i>Industrial</i> <i>Wireless Remote</i> <i>Control</i>

Varian I memiliki keunggulan pada penggunaan *electric wire rope hoist* dengan kapasitas angkat hingga 5000 kg yang mampu melakukan pengangkatan lebih stabil dibandingkan dengan sistem rantai (*chain hoist*), sehingga mampu menjaga kestabilan penuangan logam cair ketika dilakukan pemindahan. Penggunaan mekanisme tuang *worm gearbox* juga memberikan keamanan lebih karena tungku tidak akan miring dengan tidak sengaja dan memberikan kemudahan bagi pekerja dalam menuangkan cairan logam.

Varian II memiliki keunggulan dalam mekanisme penuangan yang menggunakan sistem hidrolik yang memungkinkan pekerja untuk mengontrol kemiringan saat melakukan penuangan cairan logam. Meskipun menggunakan sistem *chain hoist* varian II tetap mempertahankan standar keamanan dengan kapasitas angkat *hoist* yang juga mencapai 5000 kg. Penggunaan rangka baja galvanis juga memberikan keuntungan ekonomis dibandingkan baja tahan karat.

Varian III memiliki keunggulan dalam hal efisiensi investasi dengan menggunakan sistem *manual chain hoist* dengan kapasitas 5000 kg. Meskipun menggunakan sistem pengangkatan manual, varian ini tetap mempertahankan penggunaan material dengan standar keamanan yang baik. Penggunaan besi *hollow* yang ringan namun kokoh juga menjadi keunggulan dari varian ini.

5. Estimasi Biaya Varian

Penyusunan estimasi biaya varian dilakukan guna mengetahui berapa estimasi biaya yang dibutuhkan untuk tiap komponen pada masing-masing varian yang ada. Perhitungan estimasi ini didapatkan berdasarkan asumsi harga material dan komponen standar yang ada di pasaran. Hasil perhitungan ini berfungsi sebagai salah satu acuan evaluasi dalam proses pemilihan varian yang paling optimal. Berikut merupakan estimasi biaya pada masing-masing varian:

a. Varian I

Berikut ini merupakan tabel estimasi biaya varian I:

Tabel 4. 8 Estimasi Biaya Varian I

No	Komponen	Spesifikasi Kebutuhan	Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
1	Rangka Utama	Baja Profil I-Beam (Estimasi Ukuran 400 x 200 mm)	18 meter (1.200kg)	10.000/kg	12.000.000
2	Sistem Pengangkat	<i>Electric Wire Rope Hoist</i> (Cap. 5 Ton, lifting 9-12m)	1 Unit	33.600.000	33.600.000
3	Gerak Horizontal	Rel Statis (P24 <i>Steel Rail</i>) <i>Ladle / Tungku</i>	90 meter (45m x 2)	350.000/m	31.500.000
4	Mekanisme Penuangan	Penuang 500kg dengan <i>Worm Gearbox</i> <i>Magnetic</i>	1 Unit	15.000.000	15.000.000
5	Sistem Pengereman	<i>Brake System</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	1 Set	-	-

No	Komponen	Spesifikasi Kebutuhan	Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
		<i>Load Cell S-Type Digital</i>			
6	Indikator Beban	(Kapasitas 5 ton) + <i>External Display</i>	1 Set	3.500.000	3.500.000
		Plat Baja			
7	Material Rangka	Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i> SUS 304)	1 Set (<i>Finishing</i>)	7.000.000	7.000.000
		<i>Pendant Control</i>			
8	Kendali Operasional	(Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	1 Set	-	-
		Total			102.600.000

b. Varian II

Berikut ini merupakan tabel estimasi biaya varian II:

Tabel 4. 9 Estimasi Biaya Varian II

No	Komponen	Spesifikasi Kebutuhan	Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
		Baja Profil			
1	Rangka Utama	UNP (Estimasi UNP 300/400 Double)	18 meter (1.100 kg)	14.000/kg	15.400.000
		<i>Electric Chain</i>			
2	Sistem Pengangkat	<i>Hoist</i> (Kapasitas 5 ton)	1 Unit	29.500.000	29.500.000

No	Komponen	Spesifikasi Kebutuhan	Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
3	Gerak Horizontal	Rel Statis (P24 <i>Steel Rail</i>)	90 meter (45m x 2)	350.000/m	31.500.000
4	Mekanisme Penuangan	Tungku dengan mekanisme Tuas Hidrolik <i>Magnetic</i>	1 Unit	15.000.000	15.000.000
5	Sistem Pengereman	<i>Brake System</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>) <i>Load Cell S-</i> <i>Type Digital</i>	1 Set	-	-
6	Indikator Beban	(Kapasitas 5 ton) + <i>External</i> <i>Display</i>	1 Set	3.500.000	3.500.000
7	Material Rangka	Plat Baja Galvanis (Tahan Korosi) <i>Pendant</i>	1 Set (<i>Finishing</i>)	7.000.000	7.000.000
8	Kendali Operasional	<i>Control</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>)	1 Set	-	-
Total					101.900.000

c. Varian III

Berikut ini merupakan tabel estimasi biaya varian III:

Tabel 4. 10 Estimasi Biaya Varian III

No	Komponen	Spesifikasi Kebutuhan	Kebutuhan	Harga Satuan	Total Harga
1	Rangka Utama	Besi Hollow (<i>Heavy Wall</i> , 200x200x12mm)	18 meter (1.250 kg)	18.000/kg	22.500.000
2	Sistem Pengangkat	<i>Manual Chain Hoist</i> Kapasitas 5 Ton	1 Unit	7.000.000	7.000.000
3	Gerak Horizontal	Rel Statis (P24 <i>Steel Rail</i>)	90 meter (45m x 2)	350.000/m	31.500.000
4	Mekanisme Penuangan	<i>Ladle / Tungku</i> Penuang 500kg dengan <i>Worm Gearbox</i> <i>Magnetic Brake</i>	1 Unit	15.000.000	15.000.000
5	Sistem Pengereman	<i>System</i> (Terintegrasi pada <i>Hoist</i>) <i>Load Cell S-Type</i> Digital	1 Set	-	-
6	Indikator Beban	(Kapasitas 5 ton) + <i>External Display</i>	1 Set	3.500.000	3.500.000
7	Material Rangka	Plat Baja Tahan Karat (<i>Stainless Steel</i> SUS 304)	1 Set (<i>Finishing</i>)	7.000.000	7.000.000
8	Kendali Operasional	<i>Industrial Wireless Remote Control</i>	1 Set	1.700.000	1.700.000
Total					88.200.000

4.2.3 Fase III: Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)

Fase III merupakan tahapan pemilihan variasi untuk mendapatkan konsep final yang paling sesuai dengan kebutuhan dan permasalahan yang ada. Proses pemilihan variasi dilakukan dengan menggunakan Tabel Pemilihan Kombinasi yang memiliki kriteria dalam pemilihan variasinya, yaitu kesesuaian dengan fungsi keseluruhan, pemenuhan daftar kehendak, batasan biaya yang tersedia, kecukupan pengetahuan konsep, kesesuaian dengan preferensi perancang, realisabilitas prinsip desain, hingga pemenuhan syarat keamanan kerja yang ketat. Penilaian dengan kriteria tersebut bertujuan untuk memastikan bahwa variasi yang terpilih tidak hanya unggul secara teknis, namun juga rasional secara ekonomi dan aman untuk diterapkan dalam Perusahaan CV. Fatma Karya Indah.

Tabel pemilihan kombinasi akan diisi oleh perancang dengan melakukan analisis disertai dengan diskusi atau validasi bersama dengan pemangku kepentingan di CV. Fatma Karya Indah seperti kepala produksi dan manager produksi untuk memastikan bahwa kriteria operasional di lapangan dapat tersalurkan dengan benar dalam penelitian tersebut. Hasil akhir dari penilaian ini akan menunjukkan variasi mana yang paling sesuai dengan kebutuhan dan yang akan dipilih menjadi variasi final. Berikut merupakan tabel pemilihan kombinasi yang telah diisi bersama dengan pemangku kepentingan di CV. Fatma Karya Indah:

Tabel 4. 11 Tabel Pemilihan Kombinasi

 Universitas Islam Indonesia		TABEL PEMILIHAN KOMBINASI	
		Perancangan Mesin <i>Overhead Crane</i> sebagai alat bantu Penuangan Logam Cair	
VARIASI PRINSIP SOLUSI (Sv)	Kriteria Pemilihan		Keputusan
	(+) Ya (-) Tidak (?) Kurang Informasi (!) Periksa Spesifikasi		(+) Solusi yang dicari (-) Hapuskan Solusi (?) Kumpulkan Informasi (!) Lihat Spesifikasi
	Sesuai Fungsi Keseluruhan		
	Sesuai Daftar Kehendak		

		Dalam Batas Biaya Pengetahuan Konsep Memadai Sesuai Keinginan Perancang Secara Prinsip dapat di Realisasikan Memenuhi Syarat Keamanan							Keterangan	Keputusan
Sv		A	B	C	D	E	F	G		
V1	1	+	+	+	+	+	+	+		+
V2	2	+	+	+	+	-	?	+	Sistem Hidrolik	-
V3	3	+	+	+	+	-	+	-		-
Tanggal: 29-05-2026					Perancang: Fitrah Bayu Maulana				Teknik Industri	

Berdasarkan tabel pemilihan kombinasi di atas, didapatkan hasil pemilihan kombinasi terpilih adalah pada varian I. Varian I dipilih berdasarkan pada analisis yang mencakup aspek teknis, keamanan, operasional, efisiensi ekonomi, serta kebutuhan pengguna. Penggunaan baja profil I-Beam pada varian I memberikan kekuatan yang lebih stabil dibandingkan pada varian II dan III untuk bentang sejauh 18 meter dan beban berat hingga 5000 kg. Selain itu, penggunaan *electric wire rope hoist* pada varian I memiliki karakteristik pergerakan yang lebih halus dan minim hentakan dimana stabilitas merupakan hal yang sangat penting dalam proses penuangan cairan logam guna mereduksi tingkat cacat. Dengan hal tersebut, secara langsung akan berkontribusi dalam peningkatan akurasi penuangan cairan logam ke dalam cetakan yang menjadi lebih stabil dan presisi.

Berdasarkan aspek biaya investasi, varian I menempati posisi paling tinggi dalam hal kebutuhan biaya. Meskipun begitu, varian I merupakan varian paling lengkap dengan selisih kecil dengan varian II yang sama-sama menggunakan sistem otomatis pada mekanisme pengangkatannya. Meskipun begitu, varian II dihapuskan dikarenakan memiliki sistem perawatan yang lebih kompleks dimana, penggunaan sistem hidrolik memiliki risiko kebocoran seal dan degradasi fluida yang lebih besar dengan adanya paparan suhu tinggi. Varian III dihapuskan karena faktor risiko keamanan yang tinggi. Penggunaan *manual chain hoist* dirasa kurang relevan dengan kebutuhan perusahaan dan beresiko tinggi terhadap kelalaian operator yang dapat berakibat penurunan standar keamanan dan kualitas produksi.

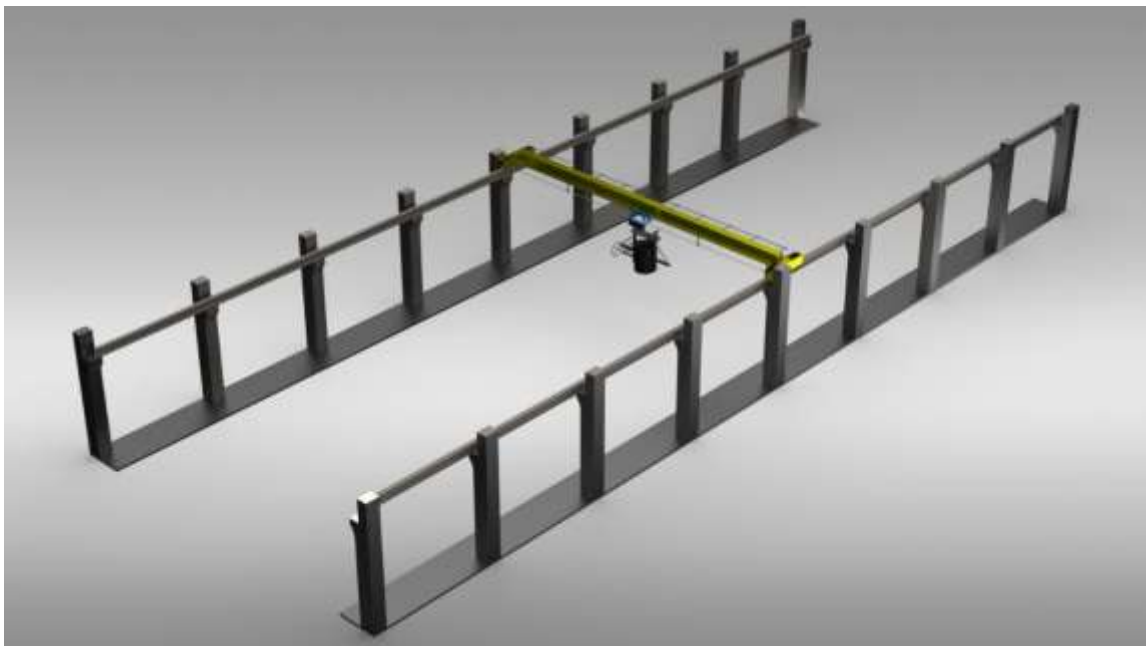
Kesimpulannya, varian I dipilih karena memenuhi kebutuhan dan daftar kehendak yang diberikan sejak awal penelitian. Keunggulan material yang digunakan juga memberikan perlindungan jangka panjang dalam penggunaannya. Mekanisme penuangan menggunakan roda gigi juga menjamin keamanan dan stabilitas penuangan cairan logam yang diharapkan dapat meningkatkan kualitas dan mereduksi cacat produksi. Hal tersebut yang membuat varian I menjadi pilihan yang tepat untuk mereduksi angka cacat produksi yang menjadi permasalahan dalam penelitian ini.

4.2.4 Fase IV: Perancangan Detail (Detail Design)

Fase IV merupakan tahapan perancangan wujud desain, dimana konsep terpilih pada fase sebelumnya akan diubah menjadi desain dan spesifikasi detail dan nantinya dapat direalisasikan dalam wujud fisik. Fase ini berfokus untuk merancang desain menjadi sebuah model 3D dengan spesifikasi yang sesuai yang didesain untuk mendukung operasional alat dan pengecoran di CV. Fatma Karya Indah.

1. Pemodelan Desain

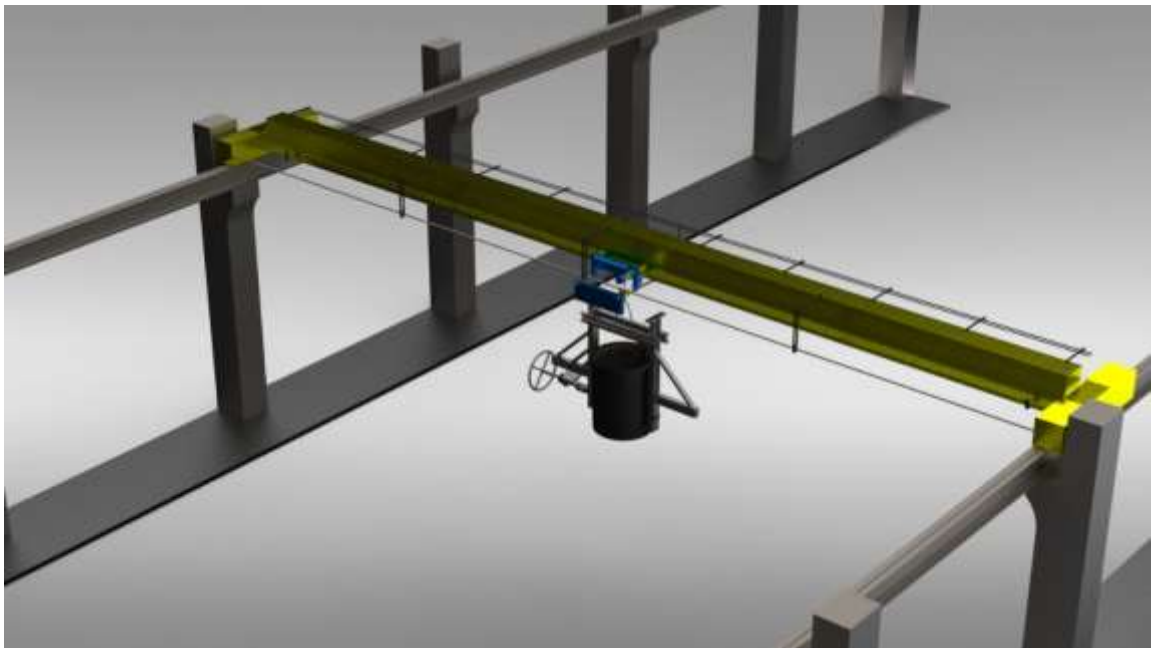
Berikut ini merupakan pemodelan desain rancangan alat bantu *overhead crane* dengan kapasitas angkat 5 Ton dan jarak operasional 15 x 45 meter menggunakan *software* SolidWorks:



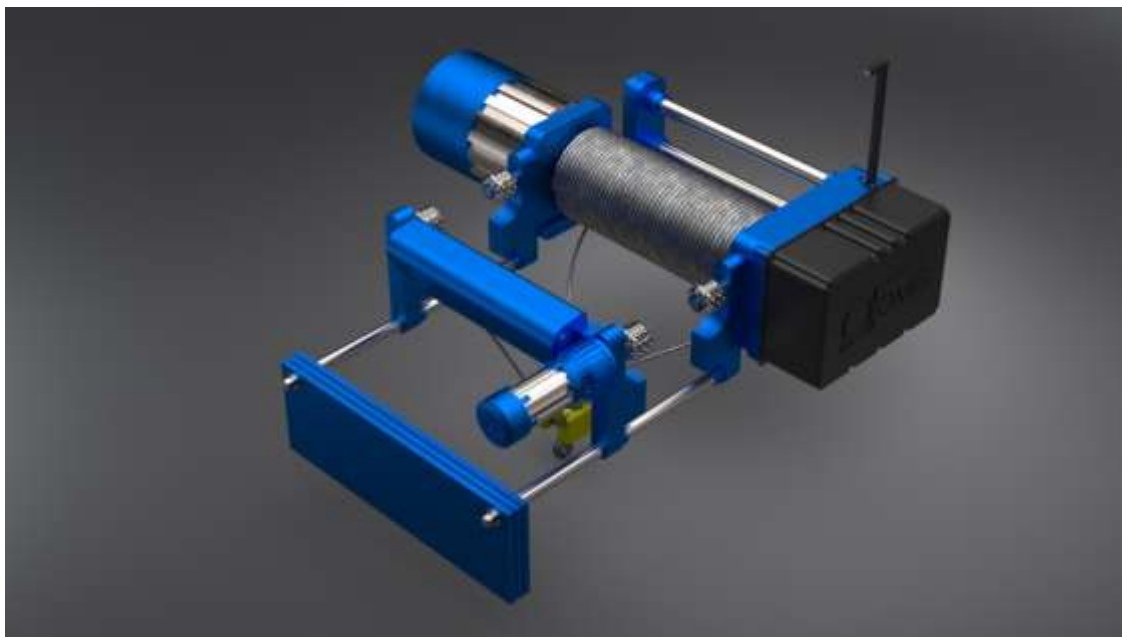
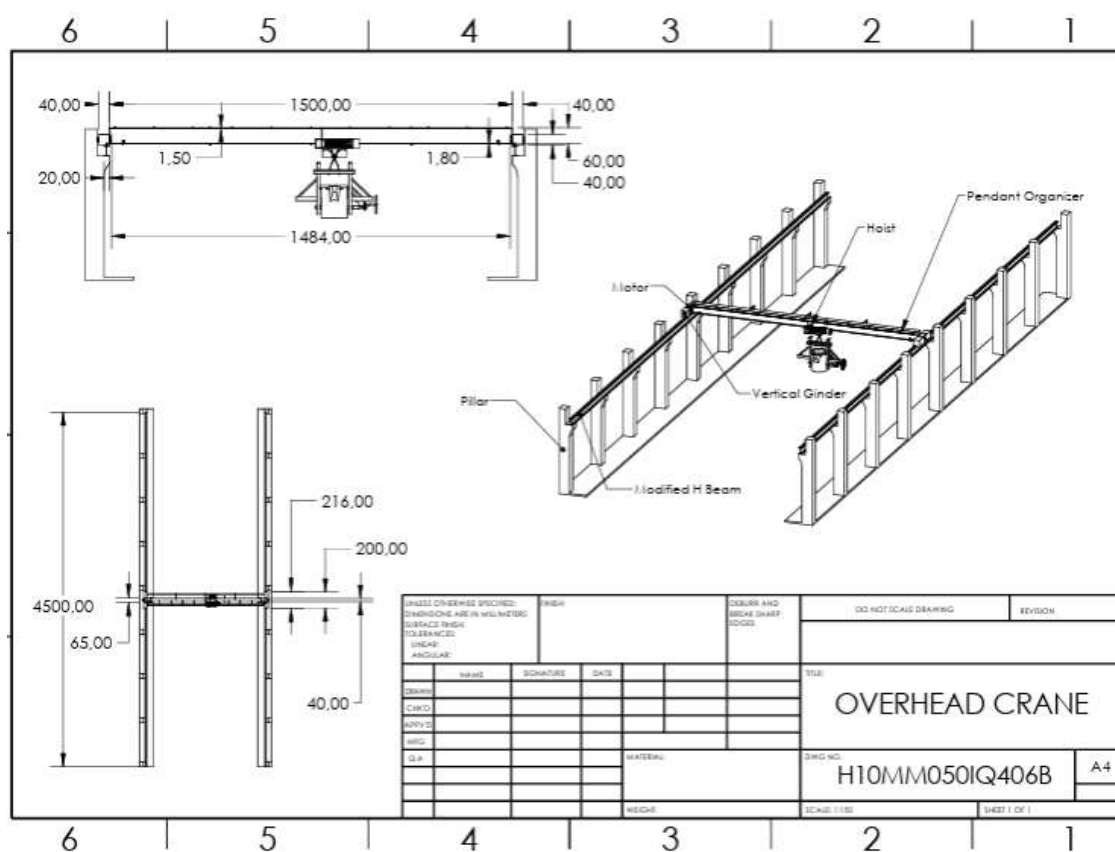
Gambar 4. 4 Desain *Overhead Crane* Tampak Samping

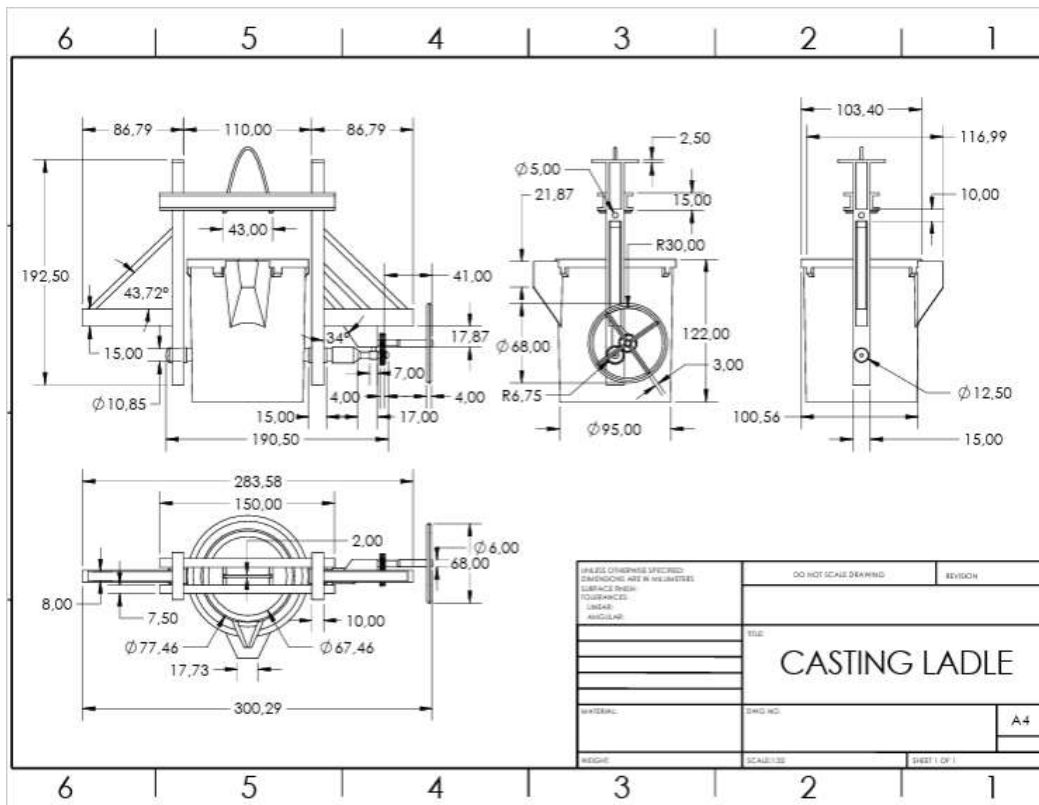
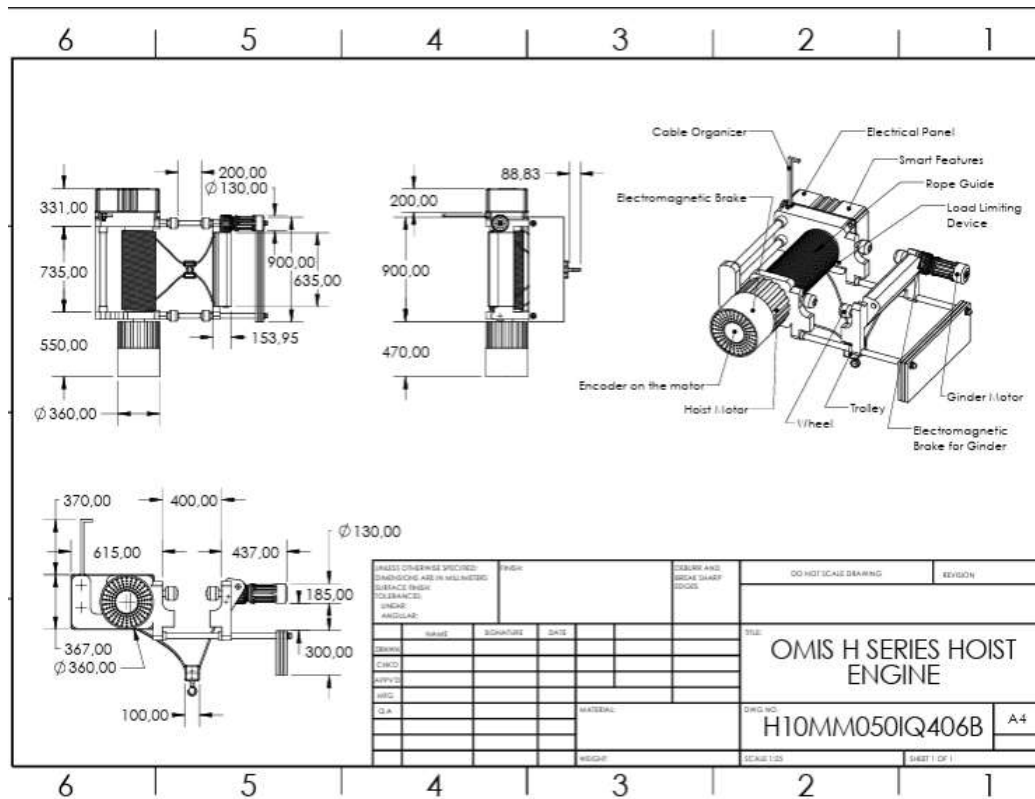


Gambar 4. 5 Desain *Overhead Crane* Tampak Depan



Gambar 4. 6 Desain *Overhead Crane* Tampak Samping

Gambar 4. 7 Desain *Hoist Overhead Crane*Gambar 4. 8 Gambar Teknik *Overhead Crane* Keseluruhan

Gambar 4. 9 Gambar Teknik Tungku Angkat *Ladle*Gambar 4. 10 Gambar Teknik *Hoist* Omis

2. Spesifikasi Desain

Berikut merupakan spesifikasi *overhead crane* yang telah dirancang:

Tabel 4. 12 Spesifikasi Desain

Komponen	Spesifikasi	Keterangan	Kode SNI
Rangka Utama	Baja Profil I-Beam	Ukuran 400 x 200 mm, Lebar 15 meter.	SNI 0329:2012
Sistem Pengangkat	<i>Electric Wire Rope Hoist</i> Omis	Kapasitas angkat 5 Ton, <i>Creation Code</i> H10MM050IQ406B	-
Gerak Horizontal	Baja Profil I-Beam dan Rel Statis	Lebar 45 meter x 2 sisi.	SNI 0329:2012
Mekanisme Penuangan	<i>Ladle / Tungku Penuang</i> 500kg dengan <i>Worm Gearbox</i>	<i>Custom.</i>	SNI ISO 13577-1:2020
Sistem Pengereman	<i>Magnetic Brake System</i>	Terintegrasi pada <i>Hoist</i>	-
Indikator Beban	<i>Load Cell S-Type</i> Digital + <i>External Display</i>	Kapasitas 5 Ton	-
Kendali Operasional	<i>Pendant Control</i>	Terintegrasi pada <i>Hoist</i>	SNI IEC 60204-32:2014

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Hasil Rancangan

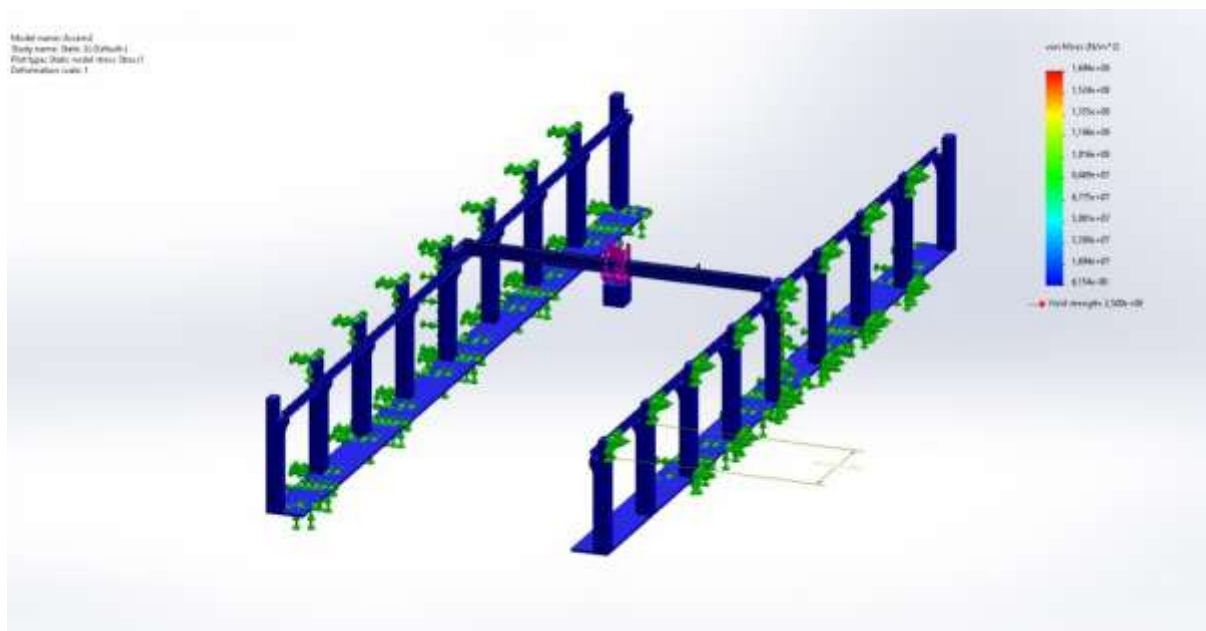
Rancangan keseluruhan *overhead crane* yang telah dibuat sebelumnya menggunakan konfigurasi *single girder overhead crane*. Kapasitas angkat yang dimiliki sebesar 5 Ton dengan pemasangan secara *top-running* di atas struktur rel statis sepanjang 45 meter dan bentang *grider* selebar 15 meter yang mampu melintasi keseluruhan ruang kerja pada CV. Fatma Karya Indah. Rancangan keseluruhan ini memiliki keunggulan mengeliminasi titik mati (*dead zone*) transportasi dengan pergerakan yang melintasi keseluruhan ruang kerja operasional yang ada. Sehingga, *crane* mampu menjangkau setiap tempat secara presisi yang sebelumnya tidak dapat dicapai dengan metode pengangkatan secara manual.

Sistem pengangkatan yang menggunakan *lectric Wire Rope Hoist* berkapasitas 5 ton yang terpasang pada *trolley* penggerak transversal dapat membuat waktu siklus penuangan dapat dipertahankan sesuai kebutuhan sehingga menghindari penurunan suhu pada logam cair. Motor penggerak ini juga menggunakan spesifikasi *insulation class H* yang memastikan mesin mampu menahan suhu kerja internal hingga 180 derajat Celsius tanpa resiko terbakar. Mesin ini juga memiliki ketahanan untuk dioperasikan secara berulang-ulang (*intermittent duty*) saat operator melakukan penyesuaian posisi *ladle* secara presisi tanpa mengalami *overheating*.

Selanjutnya, komponen kritis pada unit mesin ini adalah mekanisme pemutar *ladle* yang mengintegrasikan unit *worm gearbox* (roda gigi cacing) dengan sistem tuas roda gigi kemudi (*steering wheel*). Secara mekanis, penggunaan *worm gear* memberikan fitur *self-locking* otomatis; tungku *ladle* tidak akan berputar secara tidak sengaja akibat gaya gravitasi cairan jika roda kemudi dilepas oleh operator. Sistem pengereman magnetik pada motor *hoist* juga memberikan perlindungan ganda saat menahan beban statis seberat 500 kg di udara. Integrasi unit mesin yang kompak ini memastikan bahwa seluruh perintah operasional melalui *remote pendant* dapat ditransmisikan menjadi gerakan mekanis yang halus (*smooth acceleration*), meminimalkan guncangan yang berpotensi memicu cipratan (*splashing*) logam cair demi menjaga standar K3 tertinggi di lingkungan pengecoran.

5.2 Analisis Kekuatan Struktur

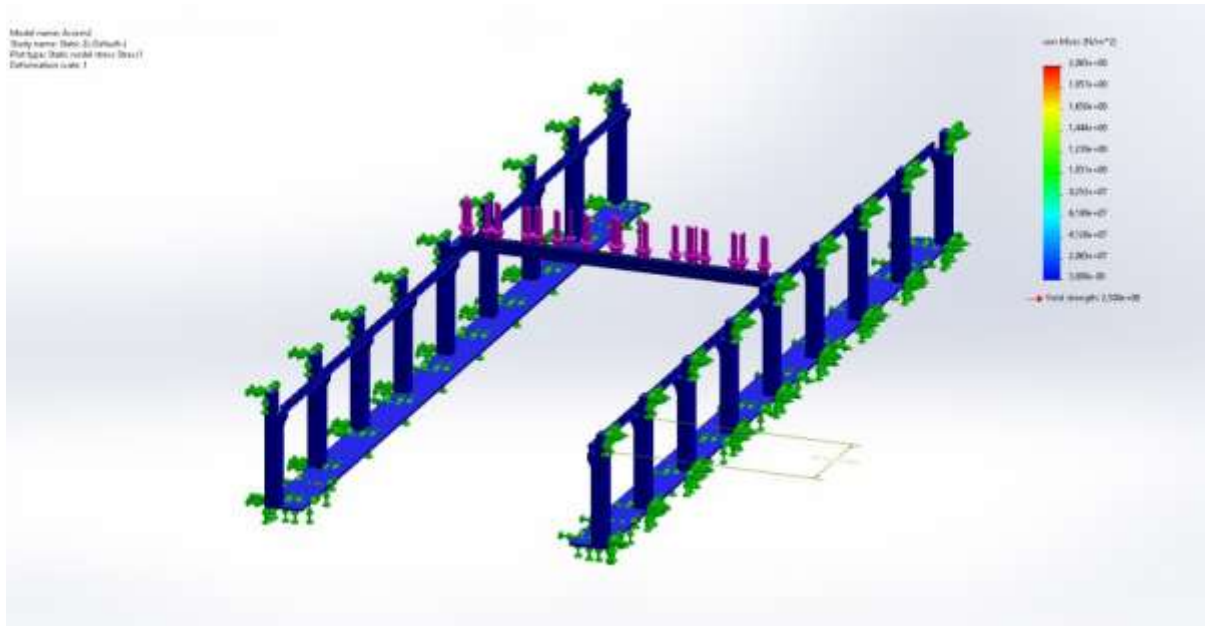
Dalam memastikan bahwa struktur mekanis yang digunakan mampu menahan beban kerja sesuai dengan kebutuhan sebesar 5 Ton, dilakukan validasi menggunakan fitur *simulation* pada *software* SolidWorks. Total beban yang digunakan adalah 5 Ton, atau dalam satuan Newton adalah sebesar 49.050N dengan beban *allowance* sebesar 2 Ton yang digunakan sebagai titik aman penggunaan di 3 Ton beban maksimal. Proses pengujian ini dilakukan dengan menggunakan 2 skenario pembebanan berbeda untuk mengevaluasi respon material, berupa distribusi tegangan, Tingkat lendutan, dan faktor keamanan yang ada. Berikut merupakan hasil dari simulasi yang dilakukan:



Gambar 5. 1 Pembebanan Terpusat

Skenario pertama dilakukan dengan menerapkan total beban 49.050 N secara terpusat yang dibagi rata ke dalam 5 titik kritis pada struktur utama, seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5.1. Pengujian ini merepresentasikan kondisi terburuk (*worst-case scenario*) di lapangan, yaitu saat roda penggerak *trolley hoist* mentransmisikan beban penuh secara terpusat pada simpul-simpul sambungan tertentu di sepanjang *I-beam girder*. Berdasarkan hasil visualisasi kontur warna pada Gambar 5.1 (Skenario I), area dengan konsentrasi tegangan tertinggi (*stress concentration*) ditunjukkan oleh warna merah, yang terlokalisasi di sekitar titik-titik pembebanan. Meskipun terjadi pemusatan tegangan, nilai ini masih berada jauh di bawah batas elastisitas material (*Yield Strength*) baja struktural yang digunakan. Dengan hasil tersebut

struktur *crane* dinyatakan sangat aman dan terhindar dari risiko deformasi plastis pada kondisi pembebanan terpusat.



Gambar 5. 2 Pembebanan Merata

Skenario kedua dilakukan dengan mendistribusikan total beban 49.050 N secara merata (*Uniformly Distributed Load* - UDL) di beberapa titik sepanjang permukaan *girder*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.2. Skenario ini merepresentasikan kondisi operasional riil yang lebih ideal, di mana beban dari *hoist* dan komponen pendukungnya terbagi secara proporsional ke seluruh elemen penyangga vertikal dan horizontal bangunan. Berdasarkan hasil simulasi pada Gambar 5.2 (Skenario II), pola penyebaran tegangan terlihat jauh lebih homogen dan merata yang didominasi oleh gradasi warna biru hingga hijau. Hal ini membuktikan bahwa struktur rangka Varian I memiliki kemampuan transfer beban (*load-sharing capability*) yang sangat baik jika beban tidak terpusat pada satu titik mati. Hal ini juga menegaskan bahwa rancangan ini memiliki ketangguhan struktural jangka panjang (*long-term structural reliability*) yang luar biasa untuk mendukung aktivitas pengecoran di CV. Fatma Karya Indah.

5.3 Analisis Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah

Bagian ini merupakan analisis perbandingan untuk memvalidasi efektivitas perancangan alat bantu *overhead crane* pada perusahaan pengecoran logam CV. Fatma Karya Indah.

Perbandingan dilakukan dengan meninjau beberapa aspek utama, yaitu metodologi kerja dan ergonomi, aspek keselamatan kerja, kualitas hasil, dan kapasitas produksi. Berikut merupakan tabel perbandingan kondisi sebelum dan sesudah adanya rancangan alat:

Tabel 5. 1 Perbandingan Sebelum dan Sesudah

Parameter	Kondisi Sebelum Rancangan	Kondisi Sesudah Rancangan	Dampak Perbaikan
Metode Angkat	Tenaga Manusia (Manual)	Mekanis (<i>Electric Hoist</i> 5000kg)	Reduksi beban fisik 100%.
Kontrol Penuangan	Tangan Manusia (Manual)	<i>Worm Gearbox</i>	Aliran logam lebih stabil & presisi.
Jarak Aman	Sangat Dekat (< 1 meter)	Jarak Aman Terjaga	Proteksi dari radiasi panas.
<i>Monitoring</i> Berat	Estimasi Visual	<i>Digital Load Cell</i>	Akurasi volume penuangan terjamin.
Risiko Cacat	Tinggi (Porositas & <i>Splash</i>)	Rendah (Aliran Terkontrol)	Peningkatan hasil produksi.

Sebelum adanya rancangan, proses pemindahan dan penuangan cairan logam dilakukan secara manual menggunakan tenaga manusia yang membutuhkan 5-6 operator dalam mengangkat *ladle* secara manual. Hal ini membuat variabilitas cairan logam tinggi dan risiko kelelahan yang besar. Dengan implementasi perancangan alat, mekanisme manual diubah menggunakan bantuan alat *electric wire rope hoist* yang membuat operator tidak memerlukan kontak fisik langsung dengan beban berat dan hanya berperan sebagai pengendali melalui *pendant control*. Penggunaan mekanisme tuang *worm gearbox* membuat penuangan menjadi lebih presisi tanpa memerlukan tenaga yang besar.

Aspek keamanan juga menjadi peningkatan yang paling signifikan dalam perancangan alat ini. Dimana, kondisi sebelum perancangan operator akan terpapar langsung oleh radiasi panas ekstrem dengan jarak yang dekat saat melakukan pengangkutan cairan logam menggunakan *ladle*. Dengan adanya sistem pengangkutan menggunakan alat *overhead crane* akan membuat operator memiliki jarak aman yang konstan. Selain itu, risiko kecelakaan kerja akibat cairan

logam atau kegagalan angkat *ladle* menjadi menurun karena beban ditumpu seluruhnya oleh alat angkut yang mampu mengangkat beban hingga 5000kg.

Pada sistem penuangan secara manual, proses penuangan tersebut dapat menyebabkan udara terperangkap dalam cetakan atau terjadinya *thermal shock* akibat debit tuang yang tidak konsisten dan tidak stabil. Perancangan alat yang ada mampu mengatasi permasalahan tersebut melalui kombinasi penuangan dengan mekanisme roda gigi yang membuat operator mampu melakukan penuangan dengan aliran yang tenang. Hal ini diperkirakan mampu menurunkan tingkat cacat produksi yang awalnya berada di kisaran 8% menjadi dibawah 4%. Nilai 4% didapatkan dari hasil identifikasi bahwa mayoritas cacat produk di CV. Fatma Karya Indah didapatkan berasal dari operasional (*pouring-related*). Dengan melakukan pergantian mekanisme manual menggunakan mesin yang stabil, maka secara teoritis akan menurunkan tingkat cacat yang sebelumnya dihasilkan karena penggunaan alat manual. Sehingga, sisa cacat yang ada disebabkan oleh faktor non-mesin seperti kualitas pasir dan komposisi material yang digunakan.

5.4 Analisis Ekonomi dan Dampak Finansial

Analisis ekonomi digunakan untuk menjustifikasi terkait kelayakan rancangan alat bantu *overhead crane* pada CV. Fatma Karya Indah. Analisis ekonomi ini berfokus pada aspek besaran investasi awal dan proyeksi penghematan operasional yang dihasilkan dari peningkatan kualitas produksi.

5.4.1 Analisis Investasi Awal

Hasil pemilihan kombinasi didapatkan bahwa hasil variasi I merupakan variasi yang paling sesuai dengan kebutuhan, total estimasi biaya yang dibutuhkan sebesar Rp. 102.600.000 ditambah dengan 10% sebesar Rp. 10.260.000 sebagai biaya apa bila diperlukan, maka total investasi awal diperkirakan sebesar Rp. 112.860.000. Besaran biaya investasi tersebut akan mengalami penyusutan (depresiasi) dengan nilai sisa yang tetap tinggi di akhir masa pakai dikarenakan penggunaan baja dan komponen *hoist* tinggal industri yang cenderung lebih stabil. Maka dari itu, pemilihan investasi ini merupakan sebuah strategi mitigasi kerugian operasional dengan mentransformasikan metode pengecoran konvensional beresiko tinggi menjadi sistem semi otomatis yang stabil, lebih aman, dan sesuai kebutuhan.

5.4.2 Analisis Penghematan Operasional

Masalah sebelumnya yang dihadapi adalah besarnya tingkat cacat produksi yang berdampak secara finansial dikarenakan adanya biaya pengerjaan ulang yang menyebabkan perusahaan mengalami kerugian mencapai Rp. 350.000.000 akibat tingkat cacat produksi yang mencapai 8%. Angka tersebut berasal dari biaya peleburan ulang, biaya tenaga kerja terbuang, dan keterlambatan pengiriman. Tingginya tingkat cacat ini disebabkan oleh metode penuangan yang masih dilakukan secara manual sehingga sangat dipengaruhi oleh faktor kelelahan fisik, penurunan konsentrasi, serta subjektivitas dari operator itu sendiri.

Melalui perancangan alat bantu angkat dan penuangan logam cair *overhead crane*, faktor-faktor yang menyebabkan permasalahan sebelumnya dapat dikendalikan secara konsisten dan terukur. Penggunaan alat yang lebih stabil ini membuat aliran logam cair menjadi tenang dan mengeliminasi risiko cacat akibat terjebaknya gelembung udara dalam rongga cetakan yang merupakan akar masalah penyebab cacat porositas. Selain itu, penggunaan alat juga akan meminimalkan gaya erosi cairan logam yang biasa memicu cacat inklusi pasir.

Berdasarkan proyeksi penurunan cacat tersebut, angka cacat yang awalnya berkisar di angka 8% diperkirakan turun hingga berada di angka 4%. Penurunan tingkat cacat sebesar 4% ini mampu memotong 50% dari total biaya kerugian finansial yang telah ditanggung perusahaan sebelumnya. Sisa variabel cacat sebesar 4% merupakan hal yang berada diluar kendali dari alat yang dirancang, seperti kualitas bahan baku, kualitas cetakan pasir, komposisi campuran cairan logam. Dari penurunan tingkat cacat tersebut, perusahaan dapat menghemat biaya hingga sebesar Rp. 175.000.000,00 dalam 1 tahun atau Rp. 14.583.333,00 per bulan.

5.4.3 Evaluasi Kelayakan Investasi

Dalam menentukan kelayakan investasi, dilakukan analisis menggunakan metode *payback period* (PBP) untuk mengetahui efisiensi pengembalian modal serta tingkat risiko finansial yang ada. *Payback period* merupakan jangka waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan kembali seluruh nilai investasi awal melalui kas masuk bersih ataupun penghematan yang terjadi. Metode PBP dipilih karena mampu memberikan informasi yang lugas, pasti, dan langsung mengenai seberapa cepat modal investasi awal dapat ditarik kembali melalui penghematan biaya kualitas (*Cost of Poor Quality*). Kekurangan dari metode ini adalah tidak adanya pertimbangan terkait *time value of money* setelah titik impas tercapai, namun metode ini tetap menjadi penentu yang cukup kritikal karena memberikan indikasi langsung terkait

kecepatan pemulihan modal yang berbanding lurus dengan risiko yang ada. Untuk proyek inovasi teknologi tepat guna di rantai produksi yang memberikan dampak reduksi cacat secara instan, pendekatan berbasis kecepatan pengembalian modal jauh lebih relevan, objektif, dan aplikatif bagi pengambil keputusan di perusahaan dibandingkan proyeksi jangka panjang yang memiliki tingkat ketidakpastian tinggi. Berikut merupakan rumus yang digunakan dalam menghitung PBP (Taufik, Sugengriadi, & Wijaya, 2025):

$$PBP = \frac{I_0}{A_m} \quad (5.1)$$

Keterangan:

- PBP = *Payback Period*
- I_0 = *Initial Investment* / Total Investasi Awal (Rp. 112.860.000,00)
- A_m = *Annual Savings per Month* (Rp.14.583.333,00)

Maka, perhitungan PBP adalah sebagai berikut:

$$PBP = \frac{112.860.000}{14.583.333} \quad (5.2)$$

$$PBP = 7,7$$

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, nilai PBP dalam penerapan perancangan alat bantu penuangan logam *overhead crane* adalah 7,7 bulan, atau dikenakan menjadi 8 bulan. Secara teoritis, hasil pengembalian investasi tersebut tidak sampai 1 tahun hanya membutuhkan waktu 1 semester lebih sedikit yang menunjukkan bahwa proyek perancangan ini memiliki tingkat kelayakan investasi yang tinggi dan risiko yang rendah. Dengan kembalinya modal perusahaan dalam 8 bulan perusahaan dapat pulih dengan cepat untuk melakukan pembiayaan di bagian lain seperti peningkatan bagian bahan baku untuk lebih mereduksi tingkat cacat yang terjadi. Setelah melewati masa transisi selama 8 bulan tersebut, potensi penghematan sebesar Rp. 14.583.333,00 akan sepenuhnya menjadi profit bagi perusahaan. Hal ini juga menunjukkan bahwa perancangan *overhead crane* tidak hanya menyelesaikan permasalahan cacat produksi, namun juga meningkatkan pendapatan perusahaan dan meningkatkan daya saing perusahaan secara berkelanjutan.

5.4.4 Kesimpulan Analisis Ekonomi

Secara keseluruhan, hasil evaluasi ekonomi terhadap rancangan alat bantu angkat *overhead crane* yang didapatkan menunjukkan adanya sinergi antara pemecahan masalah teknis dan penciptaan nilai ekonomis bagi perusahaan CV. Fatma Karya Indah. Adanya investasi awal sebesar Rp. 112.860.000,00 bukan merupakan biaya beban melainkan sebuah investasi yang dapat mereduksi tingkat cacat produksi pada perusahaan. Validasi menggunakan metode *payback period* (PBP) menghasilkan angka 8 bulan yang memberikan justifikasi yang kuat bagi perusahaan untuk melakukan realisasi fisik. Dengan jangka waktu pengembalian yang singkat tersebut dapat meminimalkan risiko dan memastikan bahwa aset baru yang ada akan menyumbang keuntungan bagi perusahaan sebesar Rp. 175.000.000,00 per tahun setelah melewati masa 8 bulan pertama.

Selain itu, investasi ini tidak hanya memberikan keuntungan yang hanya diukur dengan uang (*intangible benefits*). Dengan sistem yang lebih aman dan stabil, risiko kecelakaan kerja dan kelelahan fisik operator menjadi berkurang. Hal ini membuat lingkungan kerja lebih produktif dan mengurangi biaya-biaya tak terduga seperti biaya pengobatan akibat kecelakaan kerja ataupun biaya kerugian dikarenakan harus mencari tenaga kerja baru.

Kemampuan alat ini dalam menurunkan tingkat cacat produksi dari 8% menjadi 4% merupakan kunci utama perusahaan dalam meningkatkan daya saing perusahaan. Dengan kualitas produk yang lebih baik, stabil, dan konsisten akan meningkatkan kepercayaan konsumen yang akan berdampak pada lebih besarnya peluang perusahaan. Selain faktor pengembalian modal yang cepat, investasi ini juga merupakan bentuk modernisasi sistem produksi pada perusahaan. Selama ini, ketergantungan perusahaan dalam menggunakan metode manual menjadi penghambat bagi perusahaan dalam meningkatkan kapasitas produksi. Dengan menggunakan sistem *overhead crane* yang terstandarisasi, perusahaan memiliki fleksibilitas untuk menerima proyek dengan volume yang lebih besar. Dengan demikian, berdasarkan seluruh rangkaian analisis finansial yang ada, perancangan alat bantu angkat *overhead crane* pada CV. Fatma Karya Indah memenuhi seluruh kriteria kelayakan ekonomi dan sangat direkomendasikan untuk diterapkan pada rantai produksi.

5.5 Validasi

Tahapan validasi dilakukan untuk mengetahui tingkat penerimaan, kelayakan implementasi, dan tanggapan dari pihak manajemen perusahaan CV. Fatma Karya Indah selaku pemangku kepentingan. Proses validasi ini dilakukan dengan memaparkan hasil dokumen spesifikasi

teknis, visualisasi desain 3D, hasil simulasi dan kalkulasi analisis ekonomi kepada pihak perusahaan yang diwakilkan oleh Manager Operasional CV. Fatma Karya Indah. Berdasarkan hasil pemaparan tersebut, pihak perusahaan memberikan tanggapan yang sangat positif dan menyatakan bahwa konsep *Single Girder Overhead Crane* Varian I dengan kapasitas 5 Ton ini telah memenuhi ekspektasi serta kebutuhan riil di lantai produksi. Manajemen menilai bahwa integrasi sistem mekanis pemutar *ladle* menggunakan *worm gearbox self-locking* menjadi solusi krusial untuk mengatasi fluktuasi kecepatan penuangan (*pouring speed*) serta mereduksi faktor kelelahan fisik operator yang selama ini menangani logam cair seberat 500 kg secara manual. Selain itu, dimensi rangka jembatan dengan bentang 15 meter dan panjang lintasan 45 meter dinilai sangat presisi karena mampu memanfaatkan ruang vertikal *workshop* secara optimal tanpa mengganggu atau mempersempit jalur lalu lintas logistik pekerja di sekitar area cetakan pasir.

Dari aspek teknis dan keselamatan kerja, hasil pengujian kekuatan struktur menggunakan simulasi SolidWorks yang menghasilkan nilai standar kelayakan industri memberikan keyakinan besar bagi perusahaan bahwa alat ini aman dari risiko kegagalan struktural akibat beban statis maupun paparan radiasi panas tungku. Tanggapan yang sangat baik juga diberikan terhadap hasil analisis finansial, di mana masa pengembalian modal (*Payback Period*) yang singkat selama 7 bulan dipandang sebagai bentuk investasi yang sangat rasional dan prospektif untuk menekan biaya kegagalan mutu (*Cost of Poor Quality*) akibat tingginya cacat porositas dan retak pada produk *pulley*. Sebagai kesimpulan dari tahapan evaluasi ini, pihak manajemen CV. Fatma Karya Indah menyatakan bersedia menerima hasil perancangan Tugas Akhir ini dalam rencana standardisasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta mekanisasi pada lini pengecoran perusahaan di masa mendatang.

BAB VI PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Perancangan desain *overhead crane* sebagai alat bantu penuangan logam cair pada CV. Fatma Karya Indah telah berhasil dikembangkan dengan menggunakan pendekatan VDI 2221. Varian I terpilih sebagai konsep terbaik yang sesuai kebutuhan pengguna dan perancang. Melalui pengujian validasi kekuatan struktur menggunakan simulasi SolidWorks, desain ini dinyatakan aman secara teknis karena tingkat tegangan (*stress concentration*) dan lendutan (*displacement*) maksimum baik pada Skenario I (beban terpusat) maupun Skenario II (beban merata) berada jauh di bawah batas *yield strength* material dengan nilai tingkat keamanan (*Factor of Safety*) yang memenuhi standar kelayakan industri. Dengan demikian, perancangan alat bantu fisik ini secara menyeluruh sukses menjawab tujuan penelitian dengan mentransformasi metode penuangan konvensional secara manual menuju sistem mekanisasi semi-otomatis yang mampu menstabilkan kecepatan aliran (*pouring speed*) serta menjaga konsistensi temperatur ideal cairan logam dari risiko penurunan suhu (*heat loss*), sehingga secara signifikan dapat meminimalkan faktor kelelahan manusia (*human error*) guna mereduksi tingkat cacat produksi utama. Penurunan tingkat kecacatan di perkirakan turun yang awalnya berada di kisaran 8% tiap bulannya menjadi 4% dimana sisa tersebut berasal dari hal diluar kendali alat seperti kualitas bahan baku dan proses *finishing*.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dapat diajukan berkaitan dengan kesimpulan yang ada:

1. CV. Fatma Karya Indah disarankan untuk segera merealisasikan pembangunan fisik *overhead crane* Varian I ini, mengingat hasil analisis ekonomi teknik menunjukkan nilai investasi yang sangat layak dengan masa pengembalian modal (*Payback Period*) yang singkat, yaitu hanya 7 bulan.
2. Sebelum alat dioperasikan secara penuh di rantai produksi, perusahaan wajib menyusun SOP tertulis mengenai tata cara pengoperasian *crane* menggunakan *remote pendant* serta mengadakan pelatihan khusus bagi operator terkait aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) guna menghindari risiko kerja saat mengendalikan logam cair.

3. Untuk pengembangan akademis berikutnya, disarankan melakukan simulasi yang lebih kompleks dengan mempertimbangkan beban dinamis (*dynamic load*) saat *crane* mengalami pengereman mendadak, serta analisis tegangan termal (*thermal stress*) untuk melihat efek pemuaian material akibat radiasi panas tungku lebur secara kontinu.

DAFTAR PUSTAKA

- Andika, A. T., & Subekti, P. (2022). Article Review: Analisis Jenis-Jenis Teknik Pengecoran Logam Berdasarkan Jenis Cetakannya. *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi (ENOTEK)*, Vol 1, No. 2, 17-20.
- Ansyah, E., Kustiwan, S., & Supriyati. (2025). Analisis Lean Manufacturing untuk Mengurangi Cycle Time dengan Menggunakan Metode Value Stream Mapping. *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)* Vol. 5, No. 3, 2153-2162.
- Anwar, G. F., & Nugroho, Y. (2022). PERANCANGAN ALAT PENGULUNG BENANG MENGGUNAKAN METODE VDI 2221. *JURITEK JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN, ELEKTRO DAN KOMPUTER* Vol. 2 No. 3 P-ISSN : 2809-0802; E-ISSN : 2809-0799, 130-135.
- Azalia, M., & Mendrofa, L. (2023). Perbaikan Produk Blender Portable dengan Menggunakan Metode Design for Manufacturing and Assembly (DFMA) . *TALENTA Conference Series: Energy & Engineering Volume 6 Issue 1 2654-7031(Electronic ISSN) 2654-7031(Print ISSN)*, 151-156.
- Azhar, Ajinar, & Zainuddin. (2022). Kegagalan Permukaan Kontak Rail dan Wheel pada Overhead Travelling Crane. *JOURNAL OF ENGINEERING AND SCIENCE* E-ISSN: 2828-805X, P-ISSN: 2828-8106 Volume 1 Number 1, 31-39.
- Bawono, R. P., Mulyana, F., & Maladzi, R. (2024). Perancangan Mesin Extruder Pencetak Briket Menggunakan Metode VDI 2221. *Prosiding B Seminar Nasional Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta eISSN 2685-9319*, 1922-1930.
- Bhirawa, W. T. (2015). PROSES PENGECORAN LOGAM DENGAN MENGGUNAKAN SAND CASTING. *Jurnal Teknik Industri Universitas Suryadarma Jakarta*, 31-41.
- Dermawan, R., & Wibowo, A. (2023). Perancangan Mesin Pengupas Kulit Kentang Dengan Metode VDI 2221. *Jurnal SAINSTECH Vol 33 No 3 SINTA 5*, 96-104.
- Dwiaji, Y. C., & Nasution, R. S. (2023). Perancangan Mesin Pembuat Pellet Untuk Campuran Cangkang Telur Sebagai Konsentrat Kapasitas 10 Kg/Jam Dengan Metode Pahl dan Beitz. *JOURNAL OF APPLIED MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE)* Vol. 3 No. 2 ISSN: 2775-1031, 57-68.
- Evaprast, B. T., Daywin, F. J., & Gozali, L. (2024). PERANCANGAN TROLLEY MOBILE AUDIO SEWAAN MENGGUNAKAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN VDI 2221. *Jurnal Mitra Teknik Industri (2024) Vol. 3 No. 1*, 29-39.
- Fatahillah, I. R., Wulandari, D., Sakti, A. M., & Riandadari, D. (2023). Redesign Bumper Mobil Berbahan Komposit dengan Pendekatan Quality Function Deployment (QFD). *JURNAL REKAYASA MESIN (JRM)* p-ISSN: 2337-828X, 1-7.
- Gosal, M., Daywin, F. J., & Adianto. (2023). PERANCANGAN ALAT ANGKUT KASUR DENGAN MENGGUNAKAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN VDI 2221 (STUDI KASUS: PT. XYZ). *Jurnal Mitra Teknik Industri Vol. 2 No. 2*, 201-209.
- Hakim, L., Rusnaldy, & Paryanto. (2023). REVERSE ENGINEERING PADA KOMPONEN OTOMOTIF DENGAN METODE PHOTOGRAMMETRY. *Jurnal Teknik Mesin S-1, Vol. 11, No. 1*, 150-155.
- Harfi, R., Gunawan, F., Hadi, V., & Supriyadi, E. (2022). Perancangan mesin pemotong karet alam dengan menggunakan metode VDI 2221. *JTTM: Jurnal Terapan Teknik Mesin Volume 3, Nomor 2 p ISSN 2721-5377| e ISSN 2721-7825*, 57-68.
- Haris, E., Gunawan, L. V., Luthfi, M., & Rakhman, A. (2024). Analisis Pengaruh Suhu Preheating 125°C, 150°C Dan 200°C Hasil Pengecoran Logam Terhadap Terjadinya Hot Tearing Menggunakan Material Aluminium 6061. *JOURNAL OF APPLIED*

MECHANICAL ENGINEERING AND RENEWABLE ENERGY (JAMERE) Vol. 4 No.1 ISSN: 2775-1031, 15-21.

- Hartono, N., Laurence, & Subandi, P. N. (2020). Perancangan dan Pembuatan Meja Kinestetik. *JOURNAL OF INTEGRATED SYSTEM VOL. 3 NO. 2*, 103-115.
- Ikhlas, A., Kustati, M., & Sepriyanti, N. (2023). Masalah Penelitian/ Research Problem; Pengertian Dan Sumber Masalah, Pertimbangan, Kriteria Pemilihan Masalah, Perumusan Dan Pembatasan Masalah, Landasan Teori. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research Volume 3 Nomor 2 E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246*, 12930-12942.
- Islahudin, N., & Khoir, I. U. (2024). Rancang Bangun Alat Pencampuran Baglog Jamur Tiram Menggunakan Metode Design For Manufacturing & Assembling (DFMA). *TEKINFO - Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Informasi Vol. 12 – No. 2 E-ISSN: 2303-1867 | P-ISSN: 2303-1476*, 66-78.
- Khairansyah, M. D., Amrullah, H. N., & Qurratulaini, N. F. (2024). Penilaian Risiko Kegagalan Overhead Crane dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fishbone Diagram. *Jurnal Keselamatan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (JK3L) e-ISSN: 2776-4133. Volume 05 (2)*, 93-101.
- Komarudin. (2025). Penerapan Metode Lean Manufacturing untuk Meningkatkan Efisiensi Produksi pada Industri Manufaktur Skala Menengah. *JTI Jurnal Teknik Indonesia Vol 04 No 01 E-ISSN: 2963-2293 | P-ISSN: 2964-8092*, 40-48.
- Lestari, R., Wardah, S., & Ihwan, K. (2020). ANALISIS PENGEMBANGAN PELAYANAN JASA TV KABEL MENGGUNAKAN METODE QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD). *JISI: JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI Volume 7 No 1 P-ISSN: 2355-2085 E-ISSN: 2550-083X*, 58-63.
- Pasaribu, R. N., Silviana, N. A., Siregar, N., & Susilawati. (2025). Perancangan Cetakan Batu Bata Dengan Metode Pahl And Beitz . *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi Vol. 8, No.1 ISSN 2622-7398*, 01-05.
- Putra, A. K., & Faritsy, A. Z. (2025). OPTIMALISASI PENYEIMBANGAN PROSES PRODUKSI PADA PT. XYZ DENGAN PENDEKATAN LEAN MANUFACTURING DAN METODE VALUE STREAM MAPPING (VSM). *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik Vol. 2, No. 6 e-ISSN: 3032-7377; p-ISSN: 3032-7385*, 831-841.
- Putri, A. A., & Suhartini. (2024). Relayout Tata Letak Fasilitas Untuk Meminimalkan Jarak Material Handling (Studi Kasus CV. Dholpin Industries Sidoarjo). *MATRIK Jurnal Manajemen dan Teknik Industri-Produk Volume XXV, No.1 p-ISSN: 1693-5128, e-ISSN : 2621-8933 doi: 10.350587/Matrik v25i1.7539*, 39-48.
- Putri, S. P., Ranzani, C. D., Sihombing, A. M., Fauzi, Y., & Wulandari, F. W. (2024). PENENTUAN ONGKOS MATERIAL HANDLING DI PT XYZ MENGGUNAKAN METODE COMPUTERIZED RELATIVE ALLOCATION OF FACILITIES TECHNIQUE (CRAFT). *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri Jurnal Taguchi Vol. 4, No. 2 p-ISSN 2798-964X e-ISSN 2798-9658 DOI Article : 10.46306/tgc.v4i2.252*, 457-468.
- Rae, M., Mangesa, D. P., & Tarigan, B. V. (2022). Rancang Bangun Mesin Pencetak Pakan Ikan Menggunakan Metode VDI 2221. *LJTMU: Vol. 09, No. 01* , 34-40.
- Rahmat, Sumardiyanto, H., Restu, R. N., Natawibawa, M., Putra, D. A., & Munawa, K. (2024). RANCANG BANGUN MESIN SvTIRLING TIPE GAMMA MENGGUNAKAN METODE VDI 2221. *Jurnal Ekselenta Vol 01 No 2024*, 1-9.
- Sinaga, T. S., Budiman, I., & Kartika, T. H. (2025). Analisis Penyebab Produk Defect Selama Penyimpanan pada Perusahaan Manufaktur Plastik dengan Diagram Pareto dan Root

- Cause Analysis. *JUTIN : Jurnal Teknik Industri Terintegrasi Volume 8 Issue 2 ISSN: 2620-8962 (Online)*, 1714-1722.
- Sirama, Parekke, S., & Padang, E. R. (2025). DESAIN DAN PEMBUATAN PERALATAN ANGKAT SEMI-OTOMATIS YANG ERGONOMIS UNTUK APLIKASI DI BENGKEL DAN INDUSTRI. *STORAGE –Jurnal Ilmiah Teknik dan Ilmu Komputer*, Vol. 4 No. 4 e-ISSN: 2828-5344 | DOI: 10.55123, 401-406.
- Siregar, S. A., & Syahrial. (2021). Perancangan Sepeda Listrik 350 W dengan Metode VDI 2221 untuk Ibu Rumah Tangga Perumahan. *SNETO Prosiding Seminar Nasional Energi, Telekomunikasi dan Otomasi*, 9-17.
- Tjahjaindra, J., Widodo, L., & Ahmad. (2024). PERANCANGAN TAS MEJA ERGONOMIS SEBAGAI PENUNJANG FASILITAS WORK FROM ANYWHERE. *Jurnal Mitra Teknik Industri Vol. 3 No. 1*, 94-104.
- Wahyuni, R. S., Nursubiyantoro, E., & Awaliah, G. (2020). Perancangan dan Pengembangan Produk Helm Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD). *Jurnal OPSI Vol 13 No.1 ISSN 1693-2102 (print), 2686-2352 (online)*, 6-16.

LAMPIRAN

Data Defect Pully Tahun 2025

No	Periode	Jumlah Produksi (Unit)	Cacat Berlubang	Cacat Retak	Cacat Patah	Barang Putih	Total Kerusakan	% Defect
1	Januari	7,200	82	77	75	20	254	3.53%
2	Februari	6,700	73	79	65	27	244	3.64%
3	Maret	8,500	98	54	67	38	257	3.02%
4	April	5,500	100	55	56	26	237	4.31%
5	Mei	6,900	121	76	80	33	310	4.49%
6	Juni	7,100	115	82	78	30	305	4.30%
7	Juli	7,500	125	85	82	35	327	4.36%
8	Agustus	8,000	135	90	88	40	353	4.41%
9	September	6,500	110	70	72	28	280	4.31%
10	Oktober	7,300	122	80	75	32	309	4.23%
11	November	7,800	130	88	80	34	332	4.26%
12	Desember	8,200	140	95	92	42	369	4.50%
TOTAL		87,200	1,451	931	910	385	3,677	4.22%

Jenis Cacat	Jumlah (Unit)	Persentase (%)	% Kumulatif
Cacat Berlubang (Porositas)	1,451	39.46%	39.46%
Cacat Retak	931	25.32%	64.78%
Cacat Patah	910	24.75%	89.53%
Barang Putih	385	10.47%	100.00%
TOTAL	3,677	100%	

Data Wawancara

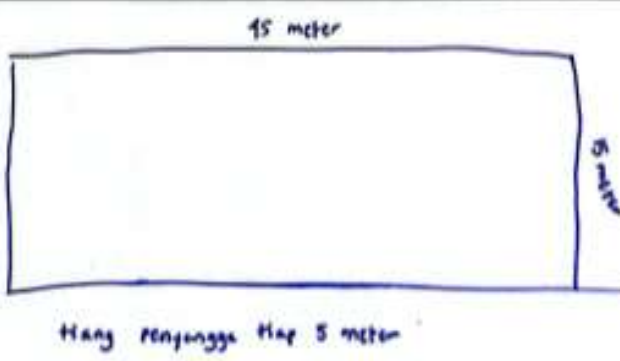
LEMBAR WAWANCARA PENELITIAN TUGAS AKHIR

Judul Penelitian: Perancangan Alat Bantu Penuangan Logam Cair *Overhead Crane* Pada Perusahaan Pengaliran Logam Dengan Menggunakan Metode VDI 2221.

IDENTITAS RESPONDEN

Nama : M. MUHAMMAD IZULFA
 Jabatan : MANAGER OPERASIONAL
 Tanggal : Rabu, 25 Februari 2024
 Lokasi : CV. PRIMA BAKES JOMBANG, CEMET, KLATEN

Kebutuhan Kapasitas dan Operasional	
Berapakah berat maksimal logam cair beserta <i>ladle</i> yang biasanya ditangani dalam satu kali siklus penuangan?	Sekitar 500 Kg, Namun perusahaan butuh alat dg kapasitas angkat 5 ton untuk kebutuhan lainnya.
Bagaimana alur pemindahan logam cair dari tungku ke area cetakan saat ini, dan kendala apa yang paling sering dihadapi?	Saat ini : setelah logam dicairkan di tungku peleburan, di lanjutkan dg penuangan cairan logam secara manual dg <i>ladle</i> dan penaga manusia, jadi kendala yg sering error dan kondisi <i>ladle</i> yg tidak stabil.
Dalam perancangan alat semi-otomatis, bagian operasional mana yang paling kritis untuk dibantu oleh mesin (mengangkat, menggeser, atau menuang)?	Ketiga bagian kritis karena berperan penting dlm proses pengolahan logam.
Kondisi Geometri dan Lingkungan	
Sejauh mana radius pergerakan yang dibutuhkan agar alat dapat menjangkau seluruh titik cetakan <i>pulley</i> ?	Seluruh bagian pabrik lokasi pengecoran, ukuran : 15 x 15 m
Berdasarkan pengukuran area, apakah ada rintangan permanen di ketinggian yang harus dihindari oleh struktur <i>crane</i> ?	Ketinggian tiang di 5 m.

Aspek Keamanan dan Kendali	
Terkait indikator beban digital, informasi apa saja yang paling dibutuhkan oleh operator saat bekerja?	total berat beban yg diangkat, dan berat maksimal
Untuk kendali operasional, apakah Bapak lebih merekomendasikan penggunaan remote (tanpa kabel) agar operator bisa menjauh dari panas, atau panel gantung (kabel) agar alat tidak mudah hilang?	lebih suka remote, tapi untuk kemudahan operasional, kabel masih mjd alat yg tahan lama dan dapat diandalkan
Harapan	
Apakah ada material khusus yang lebih disukai untuk rangka alat ini agar tahan lama di lingkungan pengecoran?	sukses dengan lingkungan pengecoran logam yg tahan panas dan tidak mudah rusak
Tambahan	
 15 meter 5 meter Tiang penyangga tiap 5 meter	

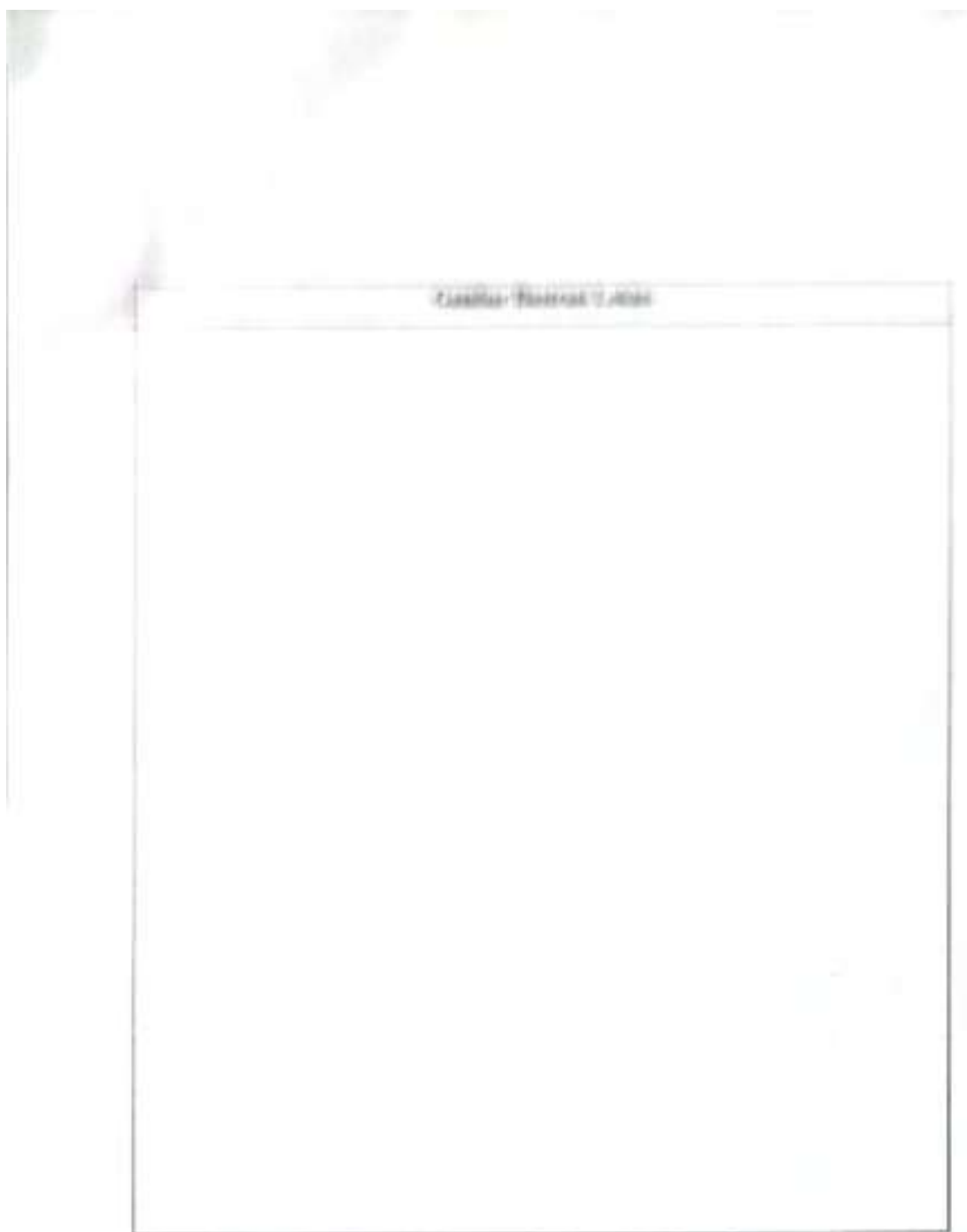
Pewawancara	Responden
 INTAN SYAH M	

Data Observasi

LEMBAR OBSERVASI PENELITIAN

Judul Penelitian: Perancangan Alat Bantu Penuangan Logam Cair *Overhead Crane* Pada Perusahaan Pengcoran Logam Dengan Menggunakan Metode VDI 2221.

Tinggi Efektif Bangunan	6 Meter ~ 5 meter untuk tumpuan
Lebar Bentang (<i>Span</i>)	
Panjang Lintasan: Total jarak tempuh yang dibutuhkan dari titik pengambilan logam cair (tungku) hingga titik penuangan terjauh.	15 x 45 meter, tumpuan tiap 5 meter.
Radius Ayunan: Ruang bebas di sekitar titik penuangan untuk memastikan lengan <i>crane</i> dapat bergerak tanpa menabrak mesin lain atau dinding.	-
Dimensi Ladle:	Kapasitas 500 kg
Berat Kosong Ladle:	-
Jumlah Operator:	2 untuk mengoperasikan.
Tambahan: - alat mampu bekerja di atas dg ketinggian 6m dan alat di 5m. - 15 m x 45 m. - Bahan tahan panas dan kuat - Daya listrik rendah (?) kalau bisa. - semi otomatis (2-3 operator) - Ada Rem - Dapat diatur kecepatannya. - Ada indikator beban. - Tidak menghalangi lalu lintas pekerja - Kuat dan tahan motor, debu, pasir. - Rendah biaya.	



Klaten, 25 Februari 2024

()

Tabel Pemilihan Kombinasi

		TABEL PEMILIHAN KOMBINASI										
Universitas Islam Jember		Perancangan Mesin Over-head Crane sebagai alat bantu Pemangan Logam Cair										
VARIASI PRINSIP SOLUSI (No.)	Kriteria Pemilihan								Keputusan			
	(+) Ya								(+*) Solusi yang dicari			
	(-) Tidak								(-*) Hapuskan Solusi			
	(*) Kurang Informasi								(*) Kumpulkan Informasi			
	(*) Tidak Spesifikasi								(*) Lihat Spesifikasi			
	Bentuk Fungsi Kelembutan											
	Bentuk Daftar Kelembutan											
	Dalam Batas Biaya											
	Pengetahuan Konsep Memadai											
	Sesuai Keinginan Perancang											
Secara Prinsip dapat di Realisasikan												
Memenuhi Syarat Keamanan												
Sy	A	B	C	D	E	F	G	Keterangan		Keputusan		
V1	1	+	+	+	+	+	+			+		
V2	2	+	+	+	+	-	+	Sistem pendingin pada saddle masih perlu Riset.		-		
V3	3	+	+	+	+	-	-			-		
Tanggal: 25-09-2024											Perancang: Fitrah Bayu Maulana	Teknik Industri

Klaten, 25-09-2024

Fitrah Bayu M.