

TUGAS AKHIR
RANCANG BANGUN UNIVERSAL F-KEY DALAM PROSES
OPERASIONAL GATE VALVE (STUDI KASUS : PT. XYZ)



DISUSUN OLEH :
ANNAS AFANDI (31602200087)

PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG
2025

FINAL PROJECT
DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A UNIVERSAL F-KEY IN GATE
VALVE OPERATIONS (CASE STUDY: PT. XYZ)



PREPARED BY:

ANNAS AFANDI (31602200087)

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SULTAN AGUNG ISLAMIC UNIVERSITY SEMARANG

2025

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN UNIVERSAL F-KEY
DALAM PROSES OPERASIONAL GATE VALVE (STUDI KASUS : PT. XYZ)”**
ini disusun oleh:

Nama : Annas Afandi

NIM : 31602200087

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada:

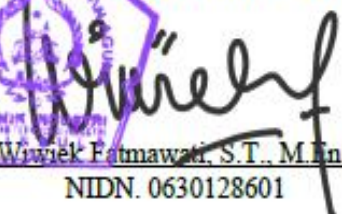
Hari :

Tanggal :

Pembimbing I


Nuzulia Khoiriyah, ST, MT
NIDN 0624057901


UNISSULA
جامعة سلطان أبو صوح الإسلامية
Mengetahui,
Dosen Program Studi Teknik Industri


Wawiek Fatmawati, S.T., M.Eng
NIDN. 0630128601

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN UNIVERSAL F-KEY
DALAM PROSES OPERASIONAL GATE VALVE (STUDI KASUS : PT. XYZ)”**
ini dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :



SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Annas Afandi

NIM : 31602200087

Judul Tugas Akhir : RANCANG BANGUN UNIVERSAL F-KEY DALAM
PROSES OPERASIONAL GATE VALVE (STUDI
KASUS : PT. XYZ)

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan oleh siapapun baik secara keseluruhan maupun Sebagian, kecuali yang tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar Pustaka, apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 23 Mei 2025

Yang Menyatakan,



Annas Afandi

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Annas Afandi

NIM : 31602200087

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul : **RANCANG BANGUN UNIVERSAL F-KEY DALAM PROSES OPERASIONAL GATE VALVE (STUDI KASUS : PT. XYZ)**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung.

Semarang, 25 Mei 2025

Yang menyatakan,



Annas Afandi



HALAMAN PERSEMBAHAN

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Dengan penuh rasa hormat dan ucapan terima kasih yang tulus, saya mempersembahkan tugas akhir ini kepada:

- Kedua orang tua tercinta, yang telah memberikan kasih sayang, doa, dukungan, serta pengorbanan yang tak ternilai sepanjang perjalanan hidup dan pendidikan saya.
- Dosen pembimbing dan seluruh dosen di Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung, yang telah membimbing, mengarahkan, dan membagikan ilmu selama masa studi.
- Keluarga besar saya, atas dukungan moral, semangat, dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah.
- Rekan-rekan mahasiswa dan sahabat seperjuangan, atas kebersamaan, kerja sama, dan motivasi yang sangat berarti selama menempuh viasyarakat.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan bermanfaat bagi dunia akademik maupun viasyarakat luas.



HALAMAN MOTTO

“Apa pun yang terlihat, boleh jadi tidak seperti yang kita lihat. Apa pun yang hilang, tidak selalu lenyap seperti yang kita duga. Ada banyak sekali jawaban dari tempat-tempat yang hilang” (Tere Liye)

“Jer Basuki Mawa Bea” (Anonim)



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “RANCANG BANGUN UNIVERSAL F-KEY DALAM PROSES OPERASIONAL GATE VALVE (STUDI KASUS : PT. XYZ)” dengan baik.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada program pendidikan Teknik Industri. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, laporan ini tidak dapat terselesaikan dengan maksimal. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, dukungan, dan motivasi selama proses penyusunan laporan ini. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat dan menjadi tambahan wawasan bagi pembaca.



DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
HALAMAN MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
DAFTAR ISTILAH	xv
ABSTRAK	xvi
<i>ABSTRACT</i>	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	6
1.3. Pembatas Masalah	7
1.4. Tujuan Penelitian	8
1.5. Manfaat Penellitian	8
1.5.1. Manfaat Teoritis	8
1.5.2. Manfaat Praktis	9
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	11
2.1. Tinjauan Pustaka	11

2.2.1.	Pengurangan Potensi Terjadinya Percikan Api dan Peningkatan Keamanan	20
2.2.2.	Dampak Positif pada Produktivitas dan Kepuasan Pekerja	20
2.2.	Landasan Teori	21
2.2.1.	<i>Gate valve</i> & Kunci F	21
2.2.2.	Process Reliability Centered (PRC).....	25
2.2.3.	Kekuatan Material Dan Spesifikasi Universal F-Key.....	28
2.2.4.	Rapid upper limb assesment (RULA).....	29
2.2.5.	Quality Control and Assurance	36
2.2.6.	Engineering Economic Analysis.....	37
2.2.7.	Ergonomics & Human Factors	37
2.2.8.	Safety	38
2.2.9.	Product Design & Development.....	39
2.3.	Hipotesa Dan Kerangka Teoritis.....	40
BAB III METODE PENELITIAN.....		46
3.1.	Pengumpulan Data.....	46
3.2.	Teknik Pengumpulan Data.....	46
3.3.	Pengujian Hipotesa	47
3.4.	Metode Analisis	47
3.5.	Pembahasan	47
3.6.	Penarikan Kesimpulan	50
3.7.	Diagram Alir	51
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		52
4.1.	Hasil Penelitian	52

4.1.1.	Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi Pembuatan Universal F-Key Dalam Proses Operasional <i>Gate valve</i>	52
4.1.2.	Perancangan Desain Ergonomis <i>Universal F-Key</i> Dalam Proses Operasional <i>Gate Valve</i> di PT. XYZ	55
4.1.3.	Evaluasi Dampak Penggunaan Universal F-Key Menggunakan Metode RULA di PT. XYZ	72
4.2.	Pembahasan	84
4.2.1.	Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi Pembuatan <i>Universal F-Key</i> Dalam Proses Operasional <i>Gate valve</i>	84
4.2.2.	Perancangan Desain Ergonomis Universal F-Key Dalam Proses Operasional <i>Gate Valve</i> di PT. XYZ	87
4.2.3.	Evaluasi Dampak Penggunaan Universal F-Key Terhadap Produktivitas Pekerja Dan Pengurangan Risiko Cedera di PT. XYZ 90	
BAB V PENUTUP.....		93
5.1.	Kesimpulan	93
5.2.	Saran	93
DAFTAR PUSTAKA.....		95
LAMPIRAN.....		102

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Data Valve di PT XYZ.....	2
Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka.....	11
Tabel 2.2 Skor Pada Lengan Bagian Atas.....	32
Tabel 2.3 Skor Pada Lengan Bawah	33
Tabel 2.4 Skor Pergelangan Tangan	33
Tabel 2.5 Skor Putaran Tangan.....	34
Tabel 2.6 Nilai Skor Grup A.....	34
Tabel 2.7 Skor Penilaian Bagian Leher.....	35
Tabel 2.8 Skor Pada Punggung.....	36
Tabel 2.9 Skor Penilaian Pada Kaki.....	36
Tabel 2.10 Skor Grup Tubuh B.....	36
Tabel 2.11 Penggunaan Otot.....	37
Tabel 2.12 Skor Pembebanan.....	37
Tabel 2.13 Skor Akhir.....	37
Tabel 2.14 Action Level.....	38
Tabel 4.1 Nilai Skor Grup A Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F- Key	75
Tabel 4.2 Nilai Skor Grup A Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F- Key	77
Tabel 4.3 Skor Grup Tubuh B Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F- Key	79
Tabel 4.4 Skor Grup Tubuh B Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F- Key	80
Tabel 4.5 Perbandingan Skor RULA	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kondisi Tempat Gate Valve berada	2
Gambar 1.2 Kondisi Kunci F Manual	3
Gambar 2.1 Penilaian Postur Lengan Atas	33
Gambar 2.2 Penilaian Postur Lengan Bawah.....	33
Gambar 2.3 Penilaian Pergelangan Tangan	34
Gambar 2.4 Postur Pada Bagian Leher	35
Gambar 2.5 Postur Tubuh Bagian Punggung.....	36
Gambar 2.6 Kerangka Teoritis.....	44
Gambar 3.1 Diagram Alir	53
Gambar 4.1 Adjustable Wrench Atau F-Key Manual.....	55
Gambar 4.2 Material Stainless Steel 304	56
Gambar 4.3 Desain <i>F-Key</i> Model I.....	58
Gambar 4.4 Desain <i>F-Key</i> Model II.....	61
Gambar 4.5 Desain <i>F-Key</i> Model III	63
Gambar 4.6 Desain <i>F-Key</i> Model IV	66
Gambar 4.7 Desain <i>F-Key</i> Model V	68
Gambar 4.8 Desain <i>F-Key</i> Model VI	70
Gambar 4.9 Hasil Akhir Perancangan Universal F-Key	72
Gambar 4.10 Penggunaan Universal F-Key Dalam Operasional Gate Valve	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kondisi Medan Pekerjaan.....	102
Lampiran 2. Kondisi Valve	103
Lampiran 3. Kondisi F-Key Manual / Awal	104
Lampiran 4. Design Universal F-Key – Design mekanisme penjepit	105
Lampiran 5. Design Universal F-Key – Design Pengunci.....	106
Lampiran 6. Design Universal F-Key – Design Pengunci Fleksible.....	107
Lampiran 7. Design Universal F-Key – Design Genggaman.....	108
Lampiran 8. Hasil Akhir dan Pengaplikasian	109



DAFTAR ISTILAH

CAD : Computer Aided Design

PRC : Process Reliability Centered

ASTM : American Society for Testing and Materials

QC : Quality Control

QA : Quality Assurance

RULA : Rapid Upper Limb Assessment



ABSTRAK

Industri minyak dan gas memiliki tantangan operasional yang kompleks khususnya dalam pengoperasian gate valve secara manual yang berisiko tinggi terhadap efisiensi kerja dan keselamatan operator. Di PT. XYZ, proses buka-tutup gate valve masih menggunakan alat F-Key manual berbahan baja dengan bobot relatif berat, yakni sebesar 3,8 kg. Penggunaan alat tersebut memerlukan tenaga fisik besar dan meningkatkan risiko ergonomi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang Universal F-Key sebagai alat bantu yang ergonomis, ringan, dan efisien untuk mendukung operasional gate valve di PT. XYZ. Metode penelitian yang digunakan adalah deskriptif dan komparatif, dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung, wawancara dengan operator, serta studi dokumentasi teknis perusahaan. Proses perancangan menggunakan pendekatan ergonomi berbasis antropometri, serta uji performa dilakukan terhadap enam model desain *F-Key* yang berbeda. Universal F-Key hasil rancangan memiliki bobot 2,3 kg dan mampu memangkas waktu operasional rata-rata dari 5 menit menjadi 2 menit 30 detik per satu siklus kerja valve. Dari sisi ergonomi, analisis menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) menunjukkan penurunan skor dari 7 menjadi 4, yang berarti risiko cedera dapat dikurangi secara signifikan. Berdasarkan hasil tersebut, Universal F-Key terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi operasional, mengurangi beban fisik operator, serta memperbaiki postur kerja. Penelitian ini merekomendasikan pengembangan lebih lanjut berupa sistem penguncian otomatis berbasis mekanik atau elektronik guna meningkatkan akurasi dan mengurangi ketergantungan terhadap tenaga manusia.

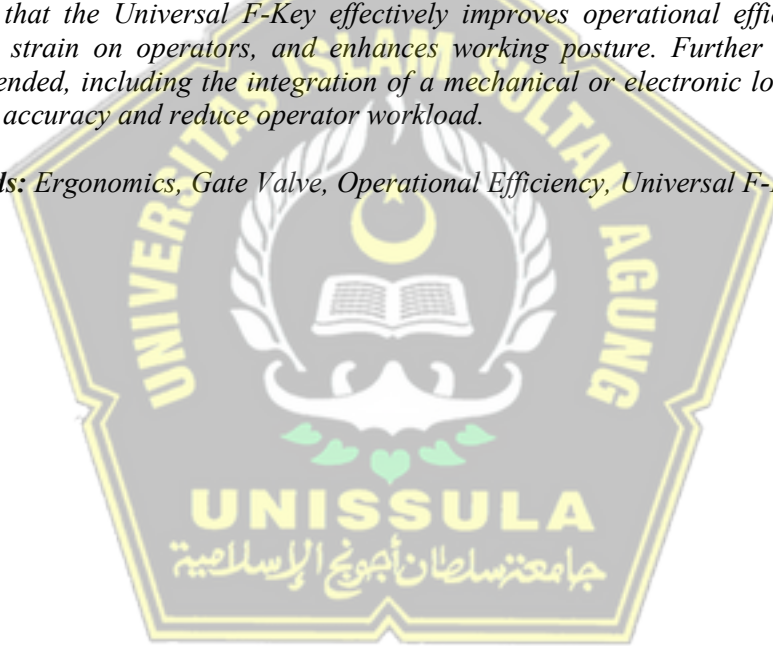
Kata Kunci: Ergonomi, Gate Valve, Efisiensi Operasional, Universal F-Key, RULA



ABSTRACT

The oil and gas industry faces complex operational challenges, particularly in the manual operation of gate valves, which poses significant risks to both work efficiency and operator safety. At PT. XYZ, the gate valve operation still relies on conventional F-Key tools made of steel, which are relatively heavy at 3.8 kg. These tools require considerable physical effort and contribute to poor ergonomic posture. This study aims to design a Universal F-Key as an ergonomic, lightweight, and efficient tool to support gate valve operations at PT. XYZ. The research method used was descriptive and comparative, with data collected through direct observation, operator interviews, and analysis of technical documentation. The design process employed an ergonomic approach based on anthropometric data, and performance testing was conducted on six different F-Key design models. The resulting Universal F-Key weighs only 2.3 kg and reduces average operational time from 5 minutes to 2 minutes and 30 seconds per valve cycle. From an ergonomic perspective, evaluation using the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) method showed a decrease in the score from 7 to 4, indicating a significant reduction in musculoskeletal risk. These findings confirm that the Universal F-Key effectively improves operational efficiency, reduces physical strain on operators, and enhances working posture. Further development is recommended, including the integration of a mechanical or electronic locking system to improve accuracy and reduce operator workload.

Keywords: *Ergonomics, Gate Valve, Operational Efficiency, Universal F-Key, RULA*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri minyak dan gas merupakan salah satu sektor yang sangat strategis dan berperan penting dalam mendukung perekonomian nasional Indonesia. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), sektor ini berkontribusi sekitar 7% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) pada tahun 2023, menjadikannya salah satu pilar utama dalam pendapatan negara (Kementerian ESDM, 2023). Selain sebagai sumber utama energi, sektor ini juga menjadi penggerak berbagai industri lain, seperti petrokimia, manufaktur, dan transportasi, yang semakin menekankan signifikansinya dalam perekonomian. Namun, dengan tingginya kompleksitas operasional dan risiko yang menyertainya, keselamatan kerja dan efisiensi operasional menjadi dua aspek yang tidak dapat diabaikan. Efisiensi yang optimal diperlukan untuk memastikan kelancaran distribusi energi, sementara penerapan standar keselamatan yang tinggi bertujuan untuk meminimalkan risiko kecelakaan kerja yang dapat merugikan baik secara finansial maupun lingkungan.

Salah satu elemen kritis dalam sistem perpipaan minyak dan gas adalah *gate valve*, yang memiliki peran utama dalam mengatur aliran fluida, seperti minyak, gas, dan air, di dalam sistem perpipaan (Smith & Jones, 2017). *Gate valve* ini menjadi komponen yang sangat vital karena berfungsi untuk membuka, menutup, atau mengatur aliran fluida dengan presisi. Dalam praktiknya, performa *gate valve* sangat memengaruhi kelancaran produksi dan distribusi di sektor ini. Namun, dengan penggunaan jangka panjang, *gate valve* sering kali menghadapi berbagai tantangan, seperti aus, korosi, atau hambatan lainnya yang dapat mengurangi efisiensinya.



Gambar 2.1 Kondisi Tempat Gate Valve berada

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang distribusi migas. PT. XYZ melaksanakan distribusi migas berupa bahan bakar minyak, bahan bakar gas dan minyak pelumas. PT. XYZ termasuk perusahaan yang sebagian besar beroperasi selama 24 jam, terlebih kegiatan operasional utamanya adalah penerimaan, penimbunan dan penyaluran produk dari tangki timbun ke mobil tangki dan dilaksanakan dalam 3 shift. Dalam sistem operasinya terdapat berbagai macam jenis operasional Buka dan/atau Tutup *Gate valve* yang tercatat sebagai berikut:

Tabel 3.1 Data Valve di PT XYZ

Data	Ukuran (Inchi)									
Valve	2"	3"	4"	6"	8"	10"	12"	14"	16"	18"
Jumlah	22	13	21	16	15	10	10	5	5	5

Dari data diatas bahwa terdapat berbagai ukuran *Gate valve* yang digunakan dalam seluruh proses utama pada PT. XYZ. Dalam hal lain juga penempatan *Gate valve* tidak serta merta berada pada posisi yang sama, melainkan berbeda-beda tempat sesuai dengan kondisi lingkungan pada PT. XYZ. Sehingga dalam satu kali waktu proses operasionalnya dapat membutuhkan beberapa F-Key manual sesuai dengan peruntukan ukuran di masing-masing *Gate valve*.

Pengoperasian *gate valve* dalam industri minyak dan gas sering kali menghadapi tantangan serius yang dapat berdampak pada keselamatan kerja, efisiensi operasional, dan keberlanjutan produksi. Salah satu masalah yang paling

menonjol adalah potensi terjadinya percikan api akibat gesekan material dalam mekanisme pengoperasian manual. Material baja atau besi, yang lazim digunakan dalam konstruksi *gate valve*, memiliki sifat yang dapat menimbulkan percikan api ketika terjadi gesekan, terutama dalam kondisi tekanan tinggi atau di lingkungan kerja dengan konsentrasi gas yang mudah terbakar. Risiko ini semakin signifikan karena lingkungan industri minyak dan gas sering kali dihadapkan pada potensi kebakaran atau ledakan, yang dapat menyebabkan kerusakan besar pada infrastruktur serta ancaman serius terhadap keselamatan pekerja. Selain itu, pengoperasian manual *gate valve* juga memerlukan tenaga fisik yang besar, terutama untuk jenis *valve* yang berukuran besar atau jarang digunakan. Proses ini tidak hanya memperlambat pekerjaan, tetapi juga meningkatkan risiko cedera kerja, terutama akibat beban ergonomis yang tidak ideal.



Gambar 1.2 Kondisi Kunci F Manual

Posisi kerja yang tidak ergonomis, seperti harus membungkuk atau menggunakan tenaga berlebihan, dapat menyebabkan gangguan muskuloskeletal, seperti nyeri otot atau cedera punggung. Sebuah studi oleh Badan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional (BKKN, 2023) mencatat bahwa sekitar 15% cedera kerja di industri ini disebabkan oleh aktivitas terkait pengoperasian *valve*. Lebih jauh lagi, pendekatan manual yang kurang efisien ini sering kali memperpanjang waktu respons dalam situasi darurat, sehingga menurunkan tingkat produktivitas dan meningkatkan potensi kerugian operasional. Dengan demikian, tantangan ini menuntut solusi yang tidak hanya mengatasi masalah teknis seperti risiko percikan

api, tetapi juga mencakup inovasi pada desain alat yang lebih ergonomis untuk mengurangi beban kerja fisik. Pendekatan strategis ini penting untuk memastikan keselamatan kerja, meningkatkan efisiensi, dan mendukung keberlanjutan operasional di sektor minyak dan gas yang penuh risiko ini.

Untuk mengatasi tantangan dalam pengoperasian *gate valve*, inovasi dalam pemilihan material menjadi salah satu solusi strategis yang patut diprioritaskan. Penggunaan material baja atau besi yang memiliki risiko tinggi terhadap percikan api akibat gesekan dapat digantikan dengan material alternatif yang lebih aman dan efisien, seperti campuran logam berbasis aluminium atau komposit polimer berkinerja tinggi. Material alternatif ini tidak hanya memiliki sifat anti-gesekan yang lebih baik tetapi juga mampu meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan tekanan ekstrem, yang sering ditemui di lingkungan kerja industri minyak dan gas. Selain itu, material berbasis komposit atau aluminium umumnya lebih ringan, sehingga tidak hanya mengurangi risiko ergonomis saat pengoperasian tetapi juga mempermudah proses instalasi dan perawatan. Penelitian oleh (Johnson, 2023) menunjukkan bahwa penggantian material baja dengan komposit berdaya tahan tinggi mampu mengurangi risiko percikan api hingga 40%, sementara umur pakai komponen meningkat sebesar 25%, menjadikannya solusi yang tidak hanya lebih aman tetapi juga lebih ekonomis dalam jangka panjang. Dengan mengintegrasikan material inovatif ini, industri dapat secara signifikan meningkatkan keselamatan kerja, mengurangi waktu henti akibat perawatan alat, dan mendukung keberlanjutan operasional tanpa mengorbankan efisiensi. Pendekatan ini menunjukkan bahwa pengembangan teknologi berbasis material ramah risiko menjadi langkah esensial untuk menjawab tantangan kompleks yang dihadapi oleh industri minyak dan gas.

Penggantian material dalam konstruksi dan pengoperasian *gate valve* telah menjadi perhatian utama di industri minyak dan gas. Hal ini tidak terlepas dari pentingnya aspek keselamatan kerja yang menjadi salah satu pilar utama dalam operasi industri berisiko tinggi ini. Material baja atau besi, yang lazim digunakan dalam pembuatan *gate valve* serta Kunci F, memiliki kelemahan utama berupa potensi menimbulkan percikan api akibat gesekan mekanis. Risiko ini menjadi sangat serius di lingkungan kerja dengan konsentrasi gas mudah terbakar, tekanan

tinggi, atau suhu ekstrem, yang kerap ditemukan di sektor minyak dan gas. Kondisi ini meningkatkan peluang terjadinya kebakaran atau ledakan yang dapat berdampak fatal, baik terhadap keselamatan pekerja maupun kelangsungan operasional perusahaan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Johnson (2023), material baja yang bergesekan pada kondisi tekanan tinggi berpotensi menghasilkan percikan api hingga 2,5 kali lebih besar dibandingkan material berbasis komposit. Oleh karena itu, penggantian material baja dengan bahan alternatif seperti campuran logam berbasis aluminium atau komposit polimer anti-gesekan menjadi solusi yang sangat strategis.

Material alternatif berbasis komposit tidak hanya memiliki sifat anti-gesekan yang lebih baik, tetapi juga menawarkan daya tahan yang lebih tinggi terhadap korosi. Hal ini sangat penting di lingkungan kerja dengan paparan cairan korosif, seperti minyak mentah dan air garam. Penelitian Zhang et al. (2023) menunjukkan bahwa material komposit dapat bertahan hingga 30% lebih lama dibandingkan baja pada kondisi lingkungan yang sama. Selain itu, material ini memiliki bobot yang lebih ringan, sehingga mempermudah pengangkutan dan instalasi *gate valve* di lokasi kerja yang sulit dijangkau. Dalam konteks keselamatan, penggunaan material ringan ini dapat mengurangi beban fisik pekerja, terutama ketika harus membawa atau memasang alat dalam jumlah banyak. Pekerja tidak lagi perlu mengangkat alat berat secara manual, yang tidak hanya memperpanjang waktu kerja tetapi juga meningkatkan risiko cedera fisik. Menurut McKinsey & Company (2023), peralatan kerja yang dirancang dengan mempertimbangkan aspek ergonomi mampu mengurangi risiko cedera otot hingga 20% dan meningkatkan efisiensi kerja sebesar 15%.

Penggunaan material komposit atau aluminium juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi operasional. Selain meningkatkan keamanan, material ini memungkinkan inovasi teknis lainnya seperti pengembangan alat bantu ergonomis. Salah satu contoh nyata adalah pengembangan kunci universal *F* yang dirancang untuk mempermudah pengoperasian *gate valve* secara manual. Kunci ini tidak hanya berbobot ringan tetapi juga memiliki desain yang ergonomis, sehingga dapat mengurangi beban fisik pekerja secara signifikan. Dalam kondisi kerja yang

menuntut pengoperasian *valve* di lokasi sulit dijangkau, seperti platform lepas pantai atau area bawah tanah, alat bantu seperti ini sangat membantu. Dengan desain ergonomis, kunci universal *F* dapat digunakan dengan lebih nyaman dan efisien, meminimalkan waktu kerja, dan menurunkan risiko cedera akibat posisi tubuh yang tidak alami. Hal ini sejalan dengan temuan BKKN (2023) yang menyebutkan bahwa 15% cedera kerja di sektor minyak dan gas disebabkan oleh aktivitas manual yang tidak ergonomis, termasuk pengoperasian *valve*.

Secara keseluruhan, pengoperasian *gate valve* di industri minyak dan gas tidak dapat dilepaskan dari tantangan keselamatan kerja dan efisiensi operasional. Penggunaan material yang lebih aman, pengembangan alat bantu ergonomis, serta penerapan teknologi digital merupakan langkah-langkah strategis yang dapat mengatasi tantangan-tantangan tersebut. Dengan fokus pada keselamatan, pengurangan beban fisik, dan efisiensi operasional, pengoperasian *gate valve* dapat dioptimalkan untuk mencapai tingkat keamanan yang lebih tinggi dan kinerja yang lebih baik. Inovasi dalam aspek material dan teknologi ini, jika diterapkan dengan tepat, akan membawa dampak positif dalam memperpanjang umur pakai *gate valve*, meningkatkan respons dalam keadaan darurat, serta mengurangi potensi kerugian yang disebabkan oleh kecelakaan dan keterlambatan operasional.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana mendapatkan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi dalam pembuatan Universal F-Key untuk mendukung proses operasional *gate valve* di PT. XYZ?
2. Bagaimana mendapatkan rancangan desain ergonomis *Universal F-Key* dapat mendukung efisiensi pengoperasian *gate valve* pada berbagai jenis dan ukuran di PT. XYZ?
3. Bagaimana dampak penggunaan Universal F-Key terhadap postur kerja operator berdasarkan analisis ergonomi menggunakan metode RULA di PT. XYZ?

1.3. Pembatas Masalah

1. Penelitian ini berfokus pada pengembangan dan implementasi *Universal F-Key* yang dirancang khusus untuk *gate valve* di PT. XYZ, dengan mengutamakan penggantian material yang lebih aman dan efisien. Penelitian tidak mencakup jenis katup lainnya atau bisnis minyak dan gas secara keseluruhan.
2. Penelitian ini akan menitikberatkan pada pengembangan *Universal F-Key* untuk *gate valve* berbahan alternatif, seperti komposit atau aluminium, yang dapat mengurangi risiko percikan api. Fokusnya tidak mencakup inovasi pada material *gate valve* selain yang telah disebutkan.
3. Penelitian ini hanya akan mempelajari *gate valve* dengan ukuran 2 inci hingga 18 inci, yang merupakan rentang ukuran paling umum digunakan di PT. XYZ. Ukuran di luar rentang tersebut tidak menjadi bagian dari penelitian.
4. Efisiensi operasional akan dievaluasi berdasarkan durasi waktu operasi, tingkat ergonomi penggunaan, serta potensi penghematan tenaga kerja dalam pengoperasian *gate valve*. Penilaian di luar parameter ini tidak akan dibahas.
5. Investigasi teknis akan berfokus pada aspek desain *Universal F-Key*, pemilihan material yang kompatibel dengan *gate valve*, serta kesesuaian dengan sistem perpipaan yang sudah ada di PT. XYZ. Penelitian tidak mencakup desain sistem perpipaan secara keseluruhan.
6. Aspek non-teknis yang akan dievaluasi meliputi penerimaan pengguna terhadap inovasi, kebutuhan pelatihan untuk penggunaan alat, serta integrasi *Universal F-Key* ke dalam prosedur operasi standar yang ada di PT. XYZ. Kendala lain di luar aspek tersebut tidak termasuk dalam penelitian ini.
7. Data penelitian akan diperoleh melalui observasi langsung di PT. XYZ, serta analisis dokumentasi teknis yang tersedia. Tidak akan dilakukan pengumpulan data eksternal atau survei dari sumber di luar perusahaan.
8. Aspek pembiayaan dalam penelitian ini mencakup estimasi biaya untuk pengembangan prototipe *Universal F-Key*, pengadaan material alternatif

seperti komposit atau aluminium, serta biaya pelatihan awal untuk pengguna. Penelitian ini tidak akan mencakup analisis biaya untuk produksi massal atau implementasi dalam skala penuh di seluruh sistem operasi PT. XYZ.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan spesifikasi teknis dalam pembuatan Universal F-Key untuk operasional gate valve di PT. XYZ.
2. Merancang desain ergonomis *Universal F-Key* yang mendukung efisiensi pengoperasian *gate valve* pada berbagai jenis dan ukuran di PT. XYZ.
3. Mengevaluasi dampak penggunaan Universal F-Key terhadap postur kerja operator di PT. XYZ melalui pendekatan ergonomi dengan metode RULA.

1.5. Manfaat Penelitian

1.5.1. Manfaat Teoritis

1. Memberikan kontribusi pada pengembangan teori dan konsep dalam desain alat bantu operasional yang lebih aman dan efisien, khususnya dalam konteks pengoperasian *gate valve* di industri migas.
2. Memperkaya literatur ilmiah mengenai inovasi teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keselamatan kerja di industri migas, dengan fokus pada penerapan teknologi baru yang berbasis material alternatif dan desain ergonomis.
3. Mengembangkan model analitis untuk mengevaluasi dampak implementasi teknologi baru, seperti *universal F wrench*, terhadap peningkatan efisiensi operasional, keselamatan kerja, serta pengurangan dampak lingkungan (termasuk emisi gas dan kebocoran fluida) dalam industri migas.
4. Memberikan wawasan baru mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi baru oleh pekerja di industri migas, dengan fokus pada penerimaan alat baru yang berbahan material alternatif dan desain ergonomis.
5. Memperluas pemahaman tentang integrasi teknologi digital dalam operasional tradisional industri migas, seperti pemanfaatan sensor untuk

pemantauan *real-time* status *gate valve* dalam mendukung pengelolaan operasional yang lebih efisien dan aman.

1.5.2. Manfaat Praktis

1. Bagi Akademisi & Peneliti:

- 1) Memberikan kontribusi terhadap pengembangan literatur akademik terkait desain ergonomis dan inovasi teknologi di sektor migas, khususnya dalam konteks pengoperasian alat berat seperti *gate valve*.
- 2) Membuka peluang penelitian lanjutan terkait desain alat bantu yang mendukung keselamatan dan efisiensi kerja di sektor migas dan sektor industri lainnya.
- 3) Menjadi referensi bagi studi ergonomi terapan dan rekayasa desain berbasis kebutuhan lapangan, yang dapat diadaptasi untuk sektor industri lain seperti manufaktur, pengolahan, atau logistik.

2. Bagi Industri:

- 1) Meningkatkan efisiensi operasional melalui pengadopsian alat bantu yang lebih ergonomis dan berbasis teknologi, sehingga mempercepat proses pengoperasian *gate valve*.
- 2) Mengurangi risiko kecelakaan kerja yang sering terjadi akibat postur kerja yang tidak ergonomis atau kesalahan mekanis, sejalan dengan upaya peningkatan standar keselamatan kerja di industri migas.
- 3) Menurunkan biaya operasional jangka panjang dengan memanfaatkan material yang lebih tahan lama dan desain alat yang efisien, sehingga meminimalkan kebutuhan perawatan dan penggantian alat.
- 4) Mendukung kepatuhan terhadap regulasi keselamatan kerja yang terus diperbarui, seperti standar yang ditetapkan oleh Kementerian ESDM dan peraturan keselamatan industri migas lainnya.
- 5) Mendorong inovasi lebih lanjut di sektor migas melalui penerapan teknologi baru, yang dapat memberikan keunggulan kompetitif dan

mendorong keberlanjutan industri di tengah tantangan operasional yang kompleks.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Penelitian oleh Ardiansyah et al. (2024) menyoroti pentingnya penerapan metode Job Safety Analysis (JSA) dan Hazard Identification, Risk Assessment and Risk Control (HIRARC) dalam mengidentifikasi serta mengendalikan risiko kecelakaan kerja pada proyek konstruksi. Studi ini menunjukkan bahwa metode tersebut mampu mengelompokkan 37 potensi bahaya berdasarkan tingkat risiko, dan menjadi dasar perbaikan dalam sistem kerja yang lebih aman. Sementara itu, Allo et al. (2024) pengaruh kepuasan kerja dan produktivitas terhadap kinerja karyawan. Hasilnya menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut memberikan kontribusi positif dan signifikan terhadap peningkatan kinerja, dengan produktivitas sebagai variabel yang paling dominan.

Studi tentang sistem proteksi kebakaran, Yusoff et al. (2020) memetakan lima sistem perlindungan aktif seperti semprotan air dan CO2 otomatis untuk efisiensi perlindungan di pembangkit listrik. Penelitian ini menekankan pentingnya perencanaan sistem yang terintegrasi dan sesuai standar. Penelitian yang lebih relevan dengan aspek ergonomi, Andriani & Subhan (2016) melakukan perancangan alat kerja ergonomis di pabrik kerupuk. Melalui pendekatan antropometri dan metode RULA, alat yang dirancang terbukti mampu mengurangi waktu kerja dan meningkatkan postur kerja ke kategori aman. Muhammad Al (Al Haramain et al., 2017) juga menekankan pentingnya perencanaan sistem keselamatan (APAR, hidran, sprinkler) sesuai standar SNI dan NFPA di perkantoran dan pabrik, menunjukkan bahwa perhitungan teknis dan pemilihan sistem sangat memengaruhi efisiensi perlindungan.

Laksmiana (2021) mengembangkan alat pemadam kebakaran berbasis Arduino dan IoT. Sistem ini mendeteksi asap dan api serta memberikan peringatan melalui aplikasi Blynk, meningkatkan respon dini terhadap kebakaran. Mufidah et al. (2021) merancang alat pengangkut telur ayam berbasis sistem peredam dan pendekatan ergonomi. Hasil menunjukkan peningkatan kapasitas angkut, efisiensi

tenaga kerja, dan perbaikan postur kerja dari skor RULA 6 (berisiko tinggi) menjadi 4 (dapat diterima). Kusuma & Akbar (2024) mengembangkan sistem penilaian postur kerja menggunakan image processing dan deep learning (MediaPipe) untuk menghitung skor RULA secara otomatis. Sistem ini terbukti akurat, efisien, dan relevan untuk aplikasi industri yang membutuhkan analisis ergonomi real-time. Terakhir, Yasin et al. (2024) merancang scissor lift table ergonomis untuk membantu proses pembuatan selai. Mereka menemukan bahwa desain alat tersebut mampu memperbaiki postur kerja operator (penurunan skor RULA dari 3 ke 2) serta strukturnya cukup kuat dengan material ASTM A36 yang mendukung efisiensi dan keselamatan kerja.

Berdasarkan berbagai literatur yang dikaji dapat disimpulkan bahwa perancangan alat kerja yang ergonomis dan terintegrasi dengan sistem analisis risiko (seperti RULA) mampu meningkatkan kenyamanan, efisiensi, serta keselamatan kerja operator. Hal ini sangat relevan dengan penelitian berjudul "Rancang Bangun Universal F-Key dalam Proses Operasional Gate Valve (Studi Kasus: PT. XYZ)", yang menitikberatkan pada perancangan alat bantu operasional berbasis ergonomi dan penilaian dampak postur kerja. Dengan pendekatan yang tepat, diharapkan alat yang dirancang mampu menurunkan risiko ergonomi, memperbaiki produktivitas, dan meminimalkan kelelahan operator.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
1.	Implementasi Keselamatan Dan Kesehatan Kerja (K3) Pada Pekerjaan Proyek Peningkatan Fasilitas Umum (Pembangunan Masjid) Dengan Metode Jsa Dan Hirarc	Reza Ardiansyah, Dzakiyah Widyaningrum, Moh. Jufriyanto	Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS) Volume 7 Nomor 4, Tahun 2024	Tingginya risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan masjid, seperti tergelincir, terpapar bahan berbahaya, dan jatuh dari ketinggian	Metode JSA untuk identifikasi potensi bahaya, dan metode HIRARC untuk penilaian dan pengendalian risiko	Identifikasi 37 potensi bahaya, dengan 14 risiko rendah, 10 risiko sedang, 12 risiko tinggi, dan 1 risiko ekstrim
2.	Pengaruh Kepuasan Kerja dan Produktivitas Kerja Terhadap Kinerja Karyawan Pada PT Sentral Yamaha Palopo	Laurensia Limbong Allo, Widya, Rensi Melano, Moh. Wahyudi, Amri	EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi Vol.3, No.5, Juli 2024	Meneliti pengaruh kepuasan kerja dan produktivitas kerja terhadap kinerja karyawan di PT Sentral Yamaha Palopo.	Metode kuantitatif dengan pengambilan sampel 40 karyawan menggunakan kuesioner. Analisis data dilakukan dengan regresi berganda dan uji hipotesis (uji F dan uji t).	Kepuasan kerja dan produktivitas kerja berpengaruh signifikan dan positif terhadap kinerja karyawan. Hasil regresi menunjukkan bahwa produktivitas memiliki pengaruh yang besar dibandingkan kepuasan kerja terhadap kinerja.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
3.	Case Study on Designing a Comprehensive Fire Protection System for KY Power Station	Y. F. Yusoff, N. A. Mohd-Lair, M. Tsen, M. Harman	Journal of Physics: Conference Series, 2020	Efisiensi sistem proteksi kebakaran di stasiun tenaga KY yang melibatkan banyak risiko termasuk ledakan dan kebakaran	Studi kasus, analisis standar lokal/internasional, pengembangan solusi	Identifikasi lima sistem proteksi kebakaran: sistem semprotan air, busa, CO2 otomatis, hidran bertekanan, dan alarm otomatis
4.	Perancangan Peralatan Secara Ergonomi untuk Meminimalkan Kelelahan di Pabrik Kerupuk	Meri Andriani, Subhan	Seminar Nasional Sains dan Teknologi, 2016	Postur kerja yang tidak ergonomis pada stasiun kerja manual yang menyebabkan kelelahan dan keluhan operator	Perancangan peralatan berbasis ergonomi menggunakan data antropometri, metode RULA, dan simulasi	Waktu standar berkurang dari 4,89 menit menjadi 0,98 menit, postur kerja membaik dari kategori tindakan "segera" ke "aman".
5.	Implementasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) pada Proyek Peningkatan Fasilitas Umum	Reza Ardiansyah, Dzakiyah Widyaningrum, Moh. Jufriyanto	Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS), 2024	Tingginya risiko kecelakaan kerja pada proyek pembangunan masjid, seperti tergelincir, terpapar bahan berbahaya, dan jatuh dari ketinggian	Metode JSA untuk identifikasi potensi bahaya, dan metode HIRARC untuk penilaian dan pengendalian risiko	Identifikasi 37 potensi bahaya, dengan 14 risiko rendah, 10 risiko sedang, 12 risiko tinggi, dan 1 risiko ekstrim

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
6.	Perancangan Sistem Pemadam Kebakaran pada Perkantoran dan Pabrik Label Makanan PT XYZ dengan Luas Bangunan 1125 M ²	Muhammad Al Haramain, Riki Effendi, Febri Irianto	SINTEK Jurnal, Vol. 11 No. 2, 2017	Perlu adanya perencanaan sistem pemadam kebakaran untuk melindungi aset dan bangunan dari kebakaran	Perancangan sistem menggunakan standar SNI dan NFPA, meliputi sprinkler, hidran, dan APAR, serta menghitung kebutuhan air dan daya pompa	Bangunan dikategorikan bahaya kebakaran ringan, menggunakan sistem sprinkler basah, hidran gedung, hidran halaman, dan APAR dry chemical dengan kebutuhan air 150 m ³ .
7.	Rancang Bangun Alat Penanganan dan Pengendalian Kebakaran Berbasis Arduino Nano dengan Sistem IoT	Bisma Laksmiana, Noval Ikbar	TRekRiTel Jurnal Teknik Elektro, Vol. 1, No. 1, 2021	Kebakaran sering terjadi di Indonesia, khususnya akibat kelalaian dan kurangnya deteksi dini	Penggunaan Arduino Nano, sensor api, dan asap untuk sistem peringatan dini, notifikasi melalui aplikasi Blynk, dan pemadaman otomatis	Sistem mampu mendeteksi api/asap dan mengaktifkan pemadaman otomatis serta memberi notifikasi pengguna melalui aplikasi Blynk.
8.	Perancangan Peralatan Secara Ergonomis	Meri Andriani, Subhan	Seminar Nasional Sains dan	Postur kerja yang tidak ergonomis pada stasiun kerja manual	Perancangan peralatan berbasis ergonomi menggunakan data	Waktu standar berkurang dari 4,89 menit menjadi 0,98 menit, postur kerja

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
	mi untuk Meminimalkan Kelelahan di Pabrik Kerupuk		Teknologi, 2016	yang menyebabkan kelelahan dan keluhan operator	antropometri, metode RULA, dan simulasi	membaik dari kategori tindakan "segera" ke "aman"
9.	Peran Ilmu Ergonomi terhadap Keselamatan Kerja di Sebuah Perusahaan	Aziz Purwo Saputro, Adelina Suryati	MUFAKAT: Jurnal Ekonomi, Manajemen, dan Akuntansi, Vol.2 No.2, Juli 2023	Perusahaan kurang memperhatikan penerapan ergonomi dalam desain tempat kerja dan pelatihan, meningkatkan risiko kecelakaan kerja akibat ketidaksesuaian alat dan lingkungan kerja dengan kondisi fisik pekerja.	Pengumpulan data melalui observasi, wawancara, analisis ergonomi untuk mengidentifikasi faktor risiko, dan evaluasi standar kerja yang diterapkan.	Penerapan ergonomi terbukti mengurangi risiko cedera kerja, meningkatkan kenyamanan pekerja, dan meningkatkan efisiensi kerja dengan menciptakan lingkungan yang aman dan sehat.
10.	Perbaikan Metode Kerja Pada Proses Set Up Untuk Meningkatkan Produktivitas Machining Gate Valve di PT. Cameron	Refdilzon Yasra, Nilda Tri Putri, M. Rozaq	Profisiensi, Vol.9 No.1, Juli 2021	Rendahnya produktivitas direct hours di Departemen Machining PT. Cameron Systems Batam, terutama disebabkan oleh lamanya waktu set up pada proses machining gate valve.	Observasi langsung, wawancara, pengumpulan data statistik (uji keseragaman dan kecukupan data), analisis peta kerja (peta proses operasi, peta aliran proses, peta pekerja dan mesin),	Perbaikan metode kerja berhasil mengurangi waktu set up dari rata-rata 87 menit menjadi 30 menit, meningkatkan beban kerja mesin dari 2,4% menjadi 85%, serta meningkatkan direct hours produktivitas mesin.

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
	Systems Batam				serta analisis penyebab dengan Fishbone Diagram dan prioritas perbaikan menggunakan FMEA.	
11.	Design and Manufacturing of Spherical Multi-Nozzle Fire Extinguisher	Rakesh M Kawale, Sachin S Yadav, Santosh R Sandanshiv, Manoj J Sature, Vishal U Mane	IJRAR Journal, Vol. 5, Issue 4, 2018	Kebutuhan efisiensi penggunaan air dalam pemadaman kebakaran dan mengurangi kerugian	Desain nozzle multi-jet untuk meningkatkan distribusi air dalam bentuk kabut dengan sudut penyemprotan 60°	Teknik kabut 3D lebih efektif dalam mendinginkan, mengurangi uap, dan mengendalikan kebakaran dibandingkan teknik aliran lurus atau kabut sempit.
12.	Perancangan Alat Penyiram Lahan Bawang Merah Berbasis Teknologi Solar Fotovoltaik	Nurwidiana Nurwidiana, Wiwiek Fatmawati, Affan Rifa'i	Jurnal Teknologi Pertanian Andalas Vol. 26, No.1, Maret 2022	Proses penyiraman Bawang Merah yang dilakukan secara manual, sehingga memerlukan banyak waktu dan tenaga.	Perancangan peralatan otomatis yang dapat digunakan dalam proses penyiraman Bawang Merah	Alat penyiram bawang yang ramah lingkungan dan menggunakan sumber energi terbarukan.
13	Rancang Bangun Scissor Lift	Hikoza Qoshidi Yasin,	Prosiding Seminar Nasional	Ditemukan permasalahan dalam proses pembuatan	Penelitian kuantitatif dengan metode RULA	Hasil perhitungan menunjukkan kekuatan struktur rangka: platform

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
	Table Ergonomi Kapasitas 50 Kg Di PT X.	Nugroho Eko Setijogiarto, & Ratna Khoirunnisa	Teknik Mesin, 14(2), 2025	selai, di mana operator merasa tidak nyaman saat bekerja, terutama saat mengoperasikan mesin selai karena rangka mesin yang terlalu rendah.		96,92 MPa, arm scissor 82,79 MPa, dan base 25,66 MPa. Semua masih jauh di bawah mutu material ASTM A36 (400–550 MPa), sehingga rangka dinyatakan aman. Penilaian postur kerja menggunakan metode RULA menunjukkan perbaikan dari skor level aksi 3 menjadi 2 setelah penggunaan alat, menandakan peningkatan ergonomi bagi pekerja.
14	Rancang Bangun Alat Pengangkut Telur Ayam Skala UKM dengan Menggunakan Sistem Peredam dan Pendekatan	Zunanik Mufidah, Risky Wiradinata, Sabar, Duwi Hariyanto, Kisna Pertiwi, Madi, Khoirun	Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 9(2), 2021	Telur ayam mudah rusak akibat penurunan kualitas dan pecahnya kulit, yang diperparah oleh proses pengangkutan manual di UKM. Pengangkutan secara manual memerlukan tenaga besar,	Analisis ergonomi dilakukan menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA)	Alat pengangkut yang dirancang mampu meredam getaran hingga 2742,43 Ns/m, dengan kapasitas angkut rata-rata 49,74 kg/menit (peningkatan 22,44%). Jumlah pekerja berkurang 50%, dan biaya pengangkutan

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No	Judul	Penulis	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
	Aspek Ergonomika	Naimah, Rudi Setiawan, Budi Priyonggo		memakan waktu lama, menimbulkan kelelahan, dan berisiko menurunkan fungsi fisik pekerja. Lingkungan kandang yang sempit dan bergelombang juga menjadi tantangan dalam desain alat bantu.		turun 28% dibanding metode manual. Hasil analisis RULA menunjukkan penurunan skor dari 6 (manual, risiko tinggi) menjadi 4 (dengan alat, dapat diterima).
15	Pengembangan Metode RULA Berbasis Image Processing dan Deep Learning untuk Penilaian Risiko Ergonomi Postur Kerja	Yessie Ardina Kusuma, Ridho Akbar, dan Muhammad Alfiar P.H.A.	CYCLOTRO N: Jurnal Teknik Elektro, Vol. 7 No. 1, (2024)	Belum tersedia sistem otomatis yang dapat menghitung indeks risiko kerja (RULA) tanpa perangkat tambahan pada tubuh, sehingga analisis postur kerja masih cenderung dilakukan secara manual dan kurang efisien.	Merancang sistem berbasis deep learning MediaPipe dengan pemrosesan gambar untuk mendeteksi postur kerja secara real-time melalui webcam atau gambar statis. Sistem ini menghitung sudut tubuh dan menghasilkan skor RULA secara otomatis.	Sistem menghasilkan skor RULA 4, lebih baik dari jurnal pembandingan yang mendapatkan skor 6. Sistem mampu memprediksi sudut kriteria RULA secara signifikan dan akurat, bahkan dalam kondisi kerja yang tidak terduga, dengan performa yang sebanding atau lebih baik dari analisis manual.

2.2.1. Pengurangan Potensi Terjadinya Percikan Api dan Peningkatan Keamanan

Di samping pertimbangan ergonomi, penggantian material juga dapat mengurangi potensi bahaya akibat percikan api. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, material seperti baja dan besi memiliki kecenderungan untuk memunculkan percikan api ketika terjadi gesekan dengan permukaan lain yang keras. Pada kondisi di mana *gate valve* dan *F key* sering digunakan dalam aplikasi yang melibatkan tekanan tinggi atau gesekan antara komponen, percikan api menjadi ancaman nyata terhadap keselamatan. Sebagai contoh, jika peralatan ini digunakan dalam lingkungan yang mengandung gas atau cairan yang mudah terbakar, percikan api yang kecil sekalipun dapat memicu kebakaran atau ledakan besar yang membahayakan keselamatan pekerja dan fasilitas.

Untuk itu, penggantian material dengan bahan yang lebih aman dan tidak mudah mengeluarkan percikan api, seperti komposit atau paduan logam non-ferrous, dapat meminimalkan risiko ini secara signifikan. Material seperti aluminium dan titanium, selain lebih ringan, juga lebih stabil secara termal dan tidak menghasilkan percikan api yang berbahaya ketika terjadi gesekan. Dengan penggantian ini, keselamatan pekerja meningkat, dan risiko kecelakaan akibat kebakaran atau ledakan dapat ditekan. Selain itu, paduan material yang lebih aman ini juga lebih tahan lama dan memerlukan lebih sedikit pemeliharaan, mengurangi biaya operasional dan demi untuk meningkatkan efisiensi kerja dalam jangka panjang (Pratiwi, 2021).

2.2.2. Dampak Positif pada Produktivitas dan Kepuasan Pekerja

Penggantian material pada *gate valve* dan *F key* tidak hanya memberikan keuntungan dari segi keselamatan dan ergonomi, tetapi juga berdampak positif terhadap produktivitas dan kepuasan pekerja. Pekerja yang menggunakan alat yang lebih ringan dan lebih ergonomis cenderung merasa lebih nyaman dalam melakukan tugas mereka, yang pada gilirannya meningkatkan motivasi dan kinerja mereka. Ketika pekerja tidak terbebani oleh alat berat, mereka dapat bekerja dengan lebih cepat dan efisien, sehingga meningkatkan output produksi. Sebaliknya, jika pekerja harus mengangkat atau memindahkan alat yang sangat berat, produktivitas

mereka akan terganggu karena mereka akan merasa cepat lelah dan lebih sering membutuhkan waktu untuk beristirahat (Rahmawati & Yuliana, 2023).

Kepuasan pekerja juga meningkat ketika mereka merasa aman dan nyaman dalam bekerja. Material yang lebih ringan dan mudah digunakan mengurangi stres yang disebabkan oleh beban fisik yang berlebihan. Pekerja yang merasa dihargai dan diutamakan keselamatannya cenderung memiliki tingkat kepuasan yang lebih tinggi, yang dapat mengarah pada peningkatan loyalitas terhadap perusahaan. Selain itu, penggantian material yang lebih aman dan lebih ergonomis juga dapat mengurangi tingkat cedera dan absensi yang disebabkan oleh kecelakaan atau kelelahan, sehingga menurunkan biaya pengobatan dan asuransi bagi perusahaan. Semua ini berujung pada peningkatan efisiensi operasional dan pengurangan biaya dalam jangka panjang, yang sangat menguntungkan bagi perusahaan.

Ergonomi adalah disiplin ilmu yang berfokus pada penyesuaian lingkungan kerja dengan kebutuhan manusia untuk mencapai efisiensi, kenyamanan, dan keselamatan kerja. Berdasarkan penelitian Andriani & Subhan (2016), ergonomi mencakup optimasi desain dengan memperhatikan antropometri pekerja serta analisis postur kerja. Dalam konteks rancang bangun *Universal F-Key*, penerapan ergonomi menjadi penting untuk memastikan alat ini dapat digunakan dengan mudah oleh operator tanpa menimbulkan risiko cedera atau kelelahan berlebih. Metode yang relevan, seperti Rapid Upper Limb Assessment (RULA), dapat digunakan untuk menilai risiko musculoskeletal akibat postur kerja yang tidak ergonomis. Penyesuaian dimensi *Universal F-Key*, seperti pegangan yang sesuai dengan ukuran tangan operator dan sudut penggunaan yang optimal, dapat meningkatkan efisiensi kerja sekaligus mengurangi risiko cedera. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa desain ergonomis tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga meningkatkan keselamatan operator selama pengoperasian alat

2.2. Landasan Teori

2.2.1. Gate valve & Kunci F

Gate valve merupakan elemen kunci dalam sistem perpipaan yang mengontrol aliran fluida dengan cara membuka atau menutup jalur aliran secara

penuh. Cara kerja *gate valve* adalah dengan mengangkat dan menurunkan penghalang (*gate*) yang bergerak secara vertikal sesuai dengan arah aliran fluida. Smith & Jones (2017) menjelaskan bahwa keandalan *gate valve* sangat bergantung pada kualitas komponen yang menyertainya, khususnya kunci F yang digunakan untuk mengoperasikan *valve* tersebut.

Kunci F adalah perangkat yang menghubungkan torsi dari aktuator ke batang katup, memungkinkan pengoperasian *gate valve*. Kunci F umumnya terbuat dari *stainless steel*, yang memiliki daya tahan terhadap korosi dan kekuatan mekanis yang tinggi. Johnson & Cohen (2018) menekankan bahwa pemilihan material yang tepat serta proses manufaktur yang akurat sangat penting untuk memastikan kunci F berfungsi dengan optimal.

Proses pembuatan kunci F PT. XYZ melibatkan beberapa tahap penting, seperti pemilihan material, pemotongan, pembentukan, perlakuan panas, dan pemeriksaan kualitas. Tahap awal, yaitu pemilihan material, sangat penting karena material harus mampu menahan tekanan dan suhu tinggi selama operasi. PT. XYZ berlandaskan sudah menjelaskan bahwa pemotongan dan pembentukan dilakukan menggunakan mesin canggih untuk memastikan setiap kunci F yang dihasilkan memiliki ketepatan dan konsistensi.

Proses pengerasan adalah langkah krusial dalam fabrikasi kunci F, yang bertujuan untuk meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus. Teknik ini sering dilakukan dengan perlakuan panas seperti *quenching* dan *tempering*. Zhang & Li (2019) menyatakan bahwa penerapan pelapisan permukaan dan perlakuan panas dapat memperpanjang usia kunci F hingga 30%, yang sangat bermanfaat dalam kondisi pengoperasian yang berat.

Pengujian kualitas juga merupakan bagian penting dari produksi kunci F. Anderson & Nguyen (2020) menggambarkan pengujian yang dilakukan untuk mengukur kekuatan mekanik, ketahanan korosi, dan kelelahan material. PT. XYZ menggunakan standar pengujian internasional untuk memastikan bahwa kunci F yang diproduksi memenuhi standar kualitas tinggi dan dapat diandalkan dalam operasional lapangan.

Proses perancangan adalah langkah sistematis yang digunakan untuk mengembangkan produk baru. Dalam konteks desain produk, metode perancangan sering melibatkan identifikasi kebutuhan pengguna, pengembangan konsep, dan pemilihan solusi terbaik. Salah satu metode yang populer adalah Metode Ulrich, yang mencakup beberapa tahapan, antara lain penyusunan daftar kebutuhan, pembuatan konsep desain, dan evaluasi konsep berdasarkan kriteria tertentu. Metode ini memfasilitasi pemilihan desain yang optimal dengan mempertimbangkan berbagai aspek seperti fungsi, biaya, dan manufacturability.

Teori perancangan Ulrich mengedepankan pendekatan sistematis dalam desain produk, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga pengembangan dan evaluasi desain. Dalam praktiknya, metode ini mendorong kolaborasi antara berbagai disiplin ilmu dan pemangku kepentingan untuk menghasilkan solusi yang efektif. Evaluasi konsep dilakukan dengan menggunakan matriks penilaian yang mempertimbangkan berbagai kriteria seperti performa, biaya, dan kemudahan produksi.

Ergonomi adalah studi tentang interaksi antara manusia dan elemen-elemen sistem lainnya. Dalam perancangan, penting untuk memahami aspek-aspek antropometri, yang mencakup pengukuran dimensi tubuh manusia. Pengetahuan ini memungkinkan perancang untuk menciptakan produk yang nyaman dan efisien digunakan. Misalnya, dalam merancang *Universal F-Key*, ergonomi dapat membantu memastikan bahwa perangkat tersebut mudah dioperasikan dalam situasi darurat, dengan mempertimbangkan tinggi dan jangkauan pengguna.

Computer-Aided Design (CAD) dan Computer-Aided Manufacturing (CAM) adalah teknologi yang sangat mendukung proses perancangan dan produksi. CAD digunakan untuk membuat model 2D dan 3D dari produk, memungkinkan perancang untuk visualisasi dan modifikasi desain secara efisien. Sementara itu, CAM mengotomatisasi proses manufaktur, meningkatkan presisi dan efisiensi produksi. Integrasi kedua teknologi ini dalam perancangan *Universal F-Key* dapat memfasilitasi pengembangan prototipe

yang akurat dan pengurangan waktu produksi. Teknologi komputer seperti CAD (Computer-Aided Design) dan CAM (Computer-Aided Manufacturing) digunakan dalam desain dan pembuatan kunci F. J. Lee et al. (2019) menyebutkan bahwa penerapan CAD/CAM meningkatkan presisi dan efisiensi produksi, mengurangi risiko kesalahan, dan menjamin bahwa kunci F diproduksi sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

Manajemen rantai pasokan juga memegang peran penting dalam pembuatan kunci F. Chen et al. (2019) menyatakan bahwa manajemen rantai pasokan yang baik dapat menghemat waktu dan biaya produksi, serta memastikan kelancaran distribusi komponen dari pemasok ke pabrik. PT. XYZ telah menerapkan strategi rantai pasokan yang terintegrasi untuk mendukung kelancaran produksi dan pengiriman produk tepat waktu.

Industri manufaktur modern semakin mengutamakan keberlanjutan dalam produksi. White et al. (2020) menjelaskan bahwa penerapan praktik industri hijau dapat mengurangi dampak lingkungan sembari meningkatkan efisiensi energi. PT. XYZ berkomitmen pada teknik produksi yang berkelanjutan, termasuk penggunaan bahan daur ulang dan pengurangan limbah, serta menerapkan sistem manajemen lingkungan sesuai standar internasional.

PT. XYZ juga menekankan pentingnya pelatihan dan sertifikasi bagi pekerja yang terlibat dalam pembuatan dan pengoperasian *gate valve*. Wang et al. (2020) mengungkapkan bahwa keterampilan teknis pekerja memiliki pengaruh besar terhadap kualitas produk akhir. Program pelatihan berkelanjutan dan pengawasan yang konsisten selama proses produksi sangat penting untuk memastikan kunci F yang dihasilkan memenuhi standar yang ditentukan.

Dengan menggunakan teknologi canggih dan praktik terbaik dalam proses produksi, PT. XYZ menghasilkan kunci F yang efisien, tahan lama, dan dapat beroperasi dalam berbagai kondisi, mencerminkan komitmen perusahaan dalam menyediakan barang yang dapat diandalkan untuk mendukung operasi industri minyak dan gas global.

2.2.2. Process Reliability Centered (PRC)

Process Reliability Centered (PRC) adalah pendekatan yang berfokus pada pemeliharaan dan peningkatan keandalan proses industri secara keseluruhan. PRC melibatkan analisis sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengelola risiko yang dapat memengaruhi kinerja operasional. Tujuan utama PRC adalah memastikan bahwa setiap aspek dari proses produksi berjalan optimal dengan meminimalkan kemungkinan kegagalan dan gangguan. Metodologi ini mencakup evaluasi komprehensif terhadap setiap komponen proses untuk mengidentifikasi masalah dan menetapkan solusi yang sesuai (Smith, 2020).

PRC bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan proses industri, yang pada gilirannya dapat mengurangi biaya operasional dan meningkatkan produktivitas. Pendekatan ini membantu perusahaan mengidentifikasi serta menghilangkan faktor-faktor penyebab gangguan seperti kerusakan peralatan, kesalahan manusia, atau prosedur yang tidak efisien. Dengan menerapkan PRC, perusahaan dapat mencapai operasi yang lebih stabil dan meningkatkan kualitas produk serta kepuasan pelanggan (Jones et al., 2021).

Dalam konteks penelitian ini, PRC digunakan untuk menganalisis keandalan Universal F-Key dalam operasional gate valve di PT XYZ. Dengan menerapkan metode PRC, penelitian ini akan menilai risiko kegagalan alat berdasarkan data historis, inspeksi langsung, serta analisis pemeliharaan berbasis kondisi (Nowlan & Heap, 2018). Evaluasi ini akan menghasilkan rekomendasi untuk meningkatkan desain alat agar lebih ergonomis, tahan lama, dan sesuai dengan standar keselamatan industri. Pendekatan PRC ini mencakup langkah-langkah seperti identifikasi fungsi dan kegagalan potensial, analisis mode dan efek kegagalan, serta strategi pemeliharaan berbasis kondisi yang akan memastikan bahwa Universal F-Key dapat beroperasi secara optimal dalam lingkungan kerja yang menuntut.

a. Peran PRC dalam Industri Minyak dan Gas

1. Dalam industri minyak dan gas, PRC sangat penting untuk memastikan operasi yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Industri ini sangat

bergantung pada peralatan kompleks yang rentan terhadap berbagai jenis kegagalan. PRC membantu mengidentifikasi risiko dan potensi kegagalan dalam pengeboran, produksi, dan pemrosesan minyak dan gas. Dengan menggunakan analisis risiko serta teknik pemeliharaan prediktif, PRC dapat mengurangi frekuensi serta dampak-dampak kegagalan operasional (Moubray, 2019).

2. PRC juga berperan dalam meningkatkan keselamatan operasional dengan mengidentifikasi dan mengelola risiko secara proaktif. Penerapan PRC dapat mencegah insiden yang dapat menyebabkan cedera atau kerusakan lingkungan. Sistem PRC yang diterapkan dengan baik akan memastikan bahwa peralatan dan proses beroperasi sesuai dengan standar keselamatan yang ketat, sehingga meminimalkan kemungkinan kecelakaan dan bencana lingkungan (Nowlan & Heap, 2018).
3. PRC juga mendukung kepatuhan terhadap regulasi dan standar industri. Industri minyak dan gas diatur oleh berbagai standar keselamatan dan lingkungan yang ketat, dan PRC membantu perusahaan untuk memastikan bahwa operasi mereka memenuhi semua persyaratan peraturan tersebut. Dengan demikian, PRC tidak hanya mengelola risiko operasional, tetapi juga memastikan perusahaan tetap dalam kerangka hukum dan peraturan yang berlaku (Smith, 2020).
4. Selain itu, PRC dapat memberikan dampak ekonomi yang positif. Dengan mengurangi waktu henti dan meningkatkan efisiensi proses, PRC membantu perusahaan menghemat biaya operasional. Keandalan yang lebih tinggi dalam proses juga meningkatkan produksi dan mengurangi kerugian akibat kegagalan. Oleh karena itu, PRC berkontribusi pada peningkatan kinerja operasional dan profitabilitas perusahaan secara (Jones et al., 2021).
5. PRC sangat terkait dengan manajemen aset dan pemeliharaan peralatan, termasuk *gate valve*. Metodologi ini digunakan untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi proses industri dengan melakukan analisis risiko dan menerapkan strategi pemeliharaan yang tepat. Manajemen aset yang efektif memerlukan pemahaman mendalam tentang kondisi dan kinerja

peralatan, serta strategi pemeliharaan yang mengurangi waktu henti dan memperpanjang umur aset. Dalam hal ini, PRC berfungsi sebagai kerangka kerja untuk mengidentifikasi dan mengelola risiko yang terkait dengan peralatan, seperti *gate valve* yang berperan penting dalam mengontrol aliran cairan dan gas dalam industri minyak dan gas (Smith, 2020)

6. Pemeliharaan yang tepat menjadi kunci untuk menjaga keandalan dan efisiensi operasional. Dengan menerapkan PRC, perusahaan dapat mengembangkan strategi pemeliharaan berdasarkan analisis risiko dan data kinerja historis. Metodologi ini memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi kegagalan serta penerapan tindakan preventif untuk menghindari gangguan. Sebagai contoh, *gate valve* yang mengontrol aliran dalam sistem pipa dapat mengalami kerusakan akibat keausan atau korosi. Dengan PRC, perusahaan dapat melakukan inspeksi dan pemeliharaan rutin untuk mendeteksi masalah sebelum menyebabkan kerusakan (Jones et al., 2021).

b. Penerapan Konsep PRC dalam Pembuatan dan Penggunaan *Universal F-Key*

1. Konsep PRC dapat diterapkan dalam pembuatan dan penggunaan *Universal F-Key*. *Universal F-Key* merupakan alat yang dirancang untuk mempermudah pengoperasian dan pemeliharaan *gate valve* dengan menawarkan solusi yang fleksibel. Dengan menggunakan prinsip PRC, pembuatan *Universal F-Key* dapat memperhatikan keandalan dan kemudahan pemeliharaan. Proses ini melibatkan analisis kebutuhan operasional, desain yang kuat, dan pengujian menyeluruh untuk memastikan bahwa alat ini dapat berfungsi dengan optimal dalam berbagai kondisi (Moubrey, 2019).
2. Dalam penggunaannya, *Universal F-Key* mendukung strategi pemeliharaan berbasis keandalan yang diusulkan oleh PRC. Teknisi dapat dengan mudah melakukan perawatan dan perbaikan rutin pada *gate valve* tanpa memerlukan peralatan khusus. Hal ini meningkatkan efisiensi pemeliharaan dan mengurangi waktu henti serta biaya operasional. Dengan demikian, penerapan PRC dalam pembuatan dan penggunaan *Universal F-Key* dapat

memberikan manfaat yang signifikan dalam meningkatkan keandalan operasional dan mengurangi potensi kerugian akibat kegagalan peralatan (Nowlan & Heap, 2018).

2.2.3. Kekuatan Material Dan Spesifikasi Universal F-Key

Pemilihan material merupakan faktor utama dalam perancangan alat industri, terutama dalam aspek daya tahan, keandalan, dan keselamatan kerja. Universal F-Key yang digunakan dalam operasional gate valve di PT XYZ menggunakan material Stainless Steel dengan diameter 17mm, yang dipilih karena memiliki ketahanan korosi tinggi serta kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan material sebelumnya.

Material Stainless Steel yang digunakan mengacu pada standar internasional, seperti ASTM A276 Type 304 atau standar setara lainnya, yang memiliki sifat mekanik unggul, termasuk kekuatan tarik minimal 515 MPa dan ketahanan korosi yang tinggi (Smith & Thompson, 2020). Dibandingkan dengan material sebelumnya, yang menggunakan baja karbon konvensional, Stainless Steel memiliki umur pakai lebih panjang, lebih tahan terhadap keausan, dan lebih ringan dalam pengoperasian. Pemilihan diameter 17mm juga didasarkan pada analisis ergonomi, yang memastikan alat tetap kokoh namun tetap nyaman dipegang oleh pekerja.

Material Stainless Steel 304 (SS304) merupakan baja tahan karat yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena ketahanan korosinya yang tinggi, kekuatan tarik yang baik, serta kemampuan pembentukan yang optimal (Pramono et al., 2023). SS304 memiliki kandungan krom minimal 11,5%, yang memungkinkan terbentuknya lapisan oksida pasif untuk mencegah korosi. Selain itu, material ini memiliki kekuatan tarik (tensile strength) sebesar 646 MPa dan yield strength sebesar 270 MPa, yang menjadikannya pilihan ideal dalam peralatan industri seperti tangki, bejana tekan, dan peralatan kimia (Pramono et al., 2023).

Dalam penelitian ini, Universal F-Key menggunakan Stainless Steel 304 dengan diameter 17mm, yang dipilih berdasarkan kekuatan mekanik dan ketahanannya terhadap lingkungan operasional yang berat. Berdasarkan hasil

pengujian mekanik, SS304 menunjukkan kekuatan tarik tertinggi sebesar 192,832 MPa saat dilakukan pengelasan dengan arus 50 Ampere menggunakan metode Tungsten Inert Gas (TIG) (Pramono et al., 2023). Metode ini memberikan hasil pengelasan yang lebih baik dengan tingkat penetrasi optimal sehingga meningkatkan keandalan alat. Jika dibandingkan dengan material sebelumnya yang menggunakan baja karbon, SS304 memiliki keunggulan dalam ketahanan terhadap korosi, daya tahan terhadap suhu tinggi, serta kemudahan dalam fabrikasi (Pramono et al., 2023). Dengan demikian, penggunaan Stainless Steel 304 berdiameter 17mm pada Universal F-Key tidak hanya meningkatkan durabilitas alat tetapi juga memastikan efisiensi operasional yang lebih baik.

2.2.4. Rapid upper limb assesment (RULA)

RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) adalah metode yang digunakan untuk menilai potensi risiko gangguan muskuloskeletal pada bagian tubuh bagian atas. Penilaian dengan metode ini terbagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok A yang mencakup lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan, serta kelompok B yang meliputi leher, punggung, dan tungkai (Mufidah et al., 2021).

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) merupakan metode dalam bidang ergonomi yang dirancang untuk menganalisis dan mengevaluasi postur kerja operator khususnya yang melibatkan penggunaan tubuh bagian atas. Metode ini menilai postur tubuh, aktivitas otot, serta gaya yang berpotensi menimbulkan cedera akibat gerakan berulang. Penilaian dilakukan dengan memberikan skor risiko antara satu hingga tujuh di mana semakin tinggi skor menunjukkan semakin besar risiko ergonomis dari postur tersebut. RULA memanfaatkan diagram postur tubuh untuk mempermudah proses evaluasi. Penilaian dibagi menjadi dua kelompok: grup A yang mencakup lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, dan rotasi pergelangan; serta grup B, yang mencakup leher, batang tubuh, dan tungkai (Kusuma, 2024).

Penilaian risiko dengan skala 1 hingga 7 merupakan salah satu cara untuk menilai berbagai faktor selain postur, kekuatan, dan aktivitas otot yang berpotensi menyebabkan cedera akibat gerakan berulang. Skor tertinggi, yaitu 7

menunjukkan tingkat risiko paling tinggi dalam menyelesaikan suatu tugas, sedangkan skor 1 menunjukkan risiko paling rendah. Dengan demikian, metode RULA memungkinkan identifikasi cepat apakah suatu aktivitas kerja berpotensi menimbulkan gangguan muskuloskeletal. Dalam beberapa tahun terakhir metode RULA telah digunakan secara luas untuk menilai risiko tersebut. Dalam prosedur yang ada dalam penilaian RULA terbagi menjadi tiga tahap yaitu, sebagai berikut ini (Darussalam, 2022):

1. Observasi dan penentuan postur kerja yang dinilai

Sebelum penelitian dilakukan, perlu dilakukan observasi untuk mengidentifikasi postur statis dalam suatu area kerja tertentu. Postur tubuh yang diamati dalam ruang lingkup kerja tersebut kemudian dikategorikan berdasarkan bagian tubuh dan dinilai menggunakan skor RULA.

2. *Skoring*

Dalam metode penilaian RULA skoring digunakan untuk mengevaluasi postur tubuh seseorang dengan mempertimbangkan faktor seperti kekuatan otot, anggota tubuh bagian atas, beban, dan gaya. Untuk memperoleh skor tersebut, diperlukan penggunaan lembar kerja RULA. Berikut ini adalah tahapan-tahapan dalam menghitung skor RULA:

- a. Penilaian Postur Tubuh Grub A

- 1) Langkah pertama lengan atas / *upper arm*

Tabel 2.2 Skor Pada Lengan Bagian Atas

Gerakan	Skor
Bila lengan pada bagian atas membentuk sudut $< 20^0$	1
Bila lengan pada bagian atas dengan sudut 20^0-45^0	2
Bila lengan atas membentuk sudut $45^0 - 90^0$	3
Bila lengan bagian atas membentuk sudut $> 90^0$	4

(Fauzi et al., 2023)

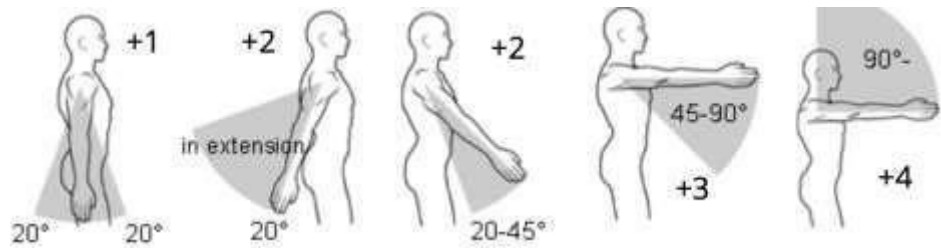
Penilaian tambahan

+1 Bila bahu ditinggikan

+1 Bila lengan atas diaduksi

-1 Bila orang bersandar atau menopang lengannya

Gambar 2.1 Penilaian Postur Lengan Atas



(Fauzi et al., 2023)

2) Langkah kedua lengan atas / *lower arm*

Tabel 2.3 Skor Pada Lengan Bawah

Gerakan	Skor
Bila lengan bagian bawah membentuk sudut $60^0 - 100^0$	1
Bila lengan bagian bawah membentuk sudut $> 100^0$	2

(Fauzi et al., 2023)

Dengan penilaian tambahan

+1 Bila gerakan lengan bagian bawah melintasi garis tengah tubuh atau keluar dari sisi

Gambar 2.2 Penilaian Postur Lengan Bawah



(Fauzi et al., 2023)

3) Langkah ketiga pergelangan lengan Kiri / *wrist*

Tabel 2.4 Skor Pergelangan Tangan

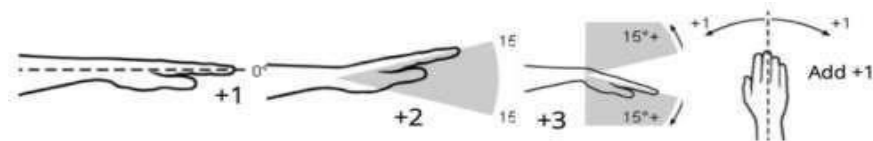
Gerakan	Skor
Telapak tangan berada pada posisi netral	1
Telapak tangan dengan posisi tangan menekuk pada sudut $0^0 - 15^0$	2
Telapak tangan tertekuk dengan membentuk sudut $> 15^0$	3

(Fauzi et al., 2023)

Dengan nilai tambahan:

+1 Bila pergelangan tangan pada deviasi radial ataupun ulnar

Gambar 2.3 Penilaian Pergelangan Tangan



(Fauzi et al., 2023)

4) Langkah keempat putaran tangan / *Wrist Twist*

Tabel 2.5 Skor Putaran Tangan

Gerakan	Skor
Jika telapak tangan yang teritekuk putaram pada posisi tengah	1
Jika telapak tangan tertekuk di dekat atau di akhir dari putaran	2

(Fauzi et al., 2023)

5) Langkah kelima perhitungan skor grub A pada grup a

Dari nilai yang ada pada bagian bagian tubuh dari grub A kemudian di input kedalam tabel postur pada grub A untuk mengetahui skor akhir dari grub A.

Tabel 2.6 Nilai Skor Grup A

Tabel Grup A		Pergelangan Tangan							
Lengan		1		2		3		4	
		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk	
Atas	Bawah	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	1	1	1	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
	1	2	2	2	3	3	3	4	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
	1	2	3	3	3	4	4	5	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
	1	3	4	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
	1	5	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
	1	7	7	7	7	7	8	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9	8	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

(Fauzi et al., 2023)

b. Penilaian tubuh grup B

1) Langkah pertama penilaian postur pada bagian leher/*neck*

Penilaian postur pada bagian leher/*neck* untuk langkah pertama penilaian pada grub B pada skor penilaian postur kerja bagian leher sebagai berikut ini:

Tabel 2.7 Skor Penilaian Bagian Leher

Gerakan	Skor
Bila leher membentuk dengan sudut $0^0 - 10^0$	1
Bila leher membntuk sudut $10^0 - 20^0$	2
Bila leher membentuk sudut $> 20^0$	3
Bila leher melakukan dalam posisi ektensi ke-atas	4

(Fauzi et al., 2023)

Dengan penilaian tambahan +1 apabila:

Leher diputar atau digerakkan ke samping.

Gambar dibawah ini merupakan aktifitas yang dilakukan postur tubuh bagian leher sebagai berikut ini:

Gambar 2.4 Postur Pada Bagian Leher



(Fauzi et al., 2023)

2) Langkah kedua penilaian punggung / *trunk*

Penilaian langkah kedua terhadap postur tubuh grub B fokus terhadap penilaian punggung, dibawah ini adalah skor penilaiannya.

Tabel 2.8 Skor Pada Punggung

Gerakan	Skor
Ketika duduk /di topang dengan paha tubuh dengan baik membentuk sudut 90^0 atau lebih	1
Ketika punggung membentuk sudut $0^0 - 20^0$	2
Ketika punggung membentuk sudut lebih $20^0 - 60^0$	3
Ketika punggung melakukan sudut lebih dari 60^0	4

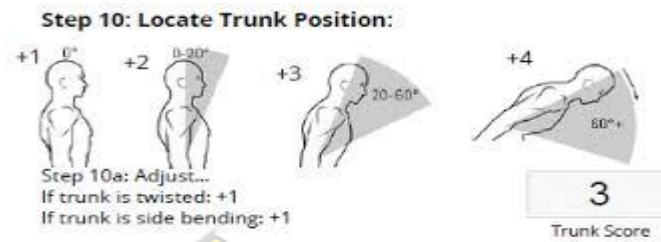
(Fauzi et al., 2023)

Dengan penilalian tambaham +1 bila:

Punggung diputar / digerakkan ke samping.

Dibawah ini merupakan gambar aktifitas yang dilakukan dalam penilaian postur tubuh punggung sebagai berikut:

Gambar 2.5 Postur Tubuh Bagian Punggung



(Fauzi et al., 2023)

3) Langkah ketiga dalam grup B pada penilaian kaki

Penilaian terhadap kaki merupakan penilaian yang bekerja dengan posisi bertumpu atau secara normal. Dibawah ini merupakan skor penilaian postur tubuh terhadap kaki sebagai berikut:

Tabel 2.9 Skor Penilaian Pada Kaki

Gerakan	Skor
Bila paha dan kaki mendukung dan seimbang	1
Bila paha dan kaki tidak mendukung dan tidak seimbang	2

(Fauzi et al., 2023)

4) Langkah keempat pada grup B nilai skor grup B

Tabel 2.10 Skor Grup Tubuh B

Tabel Grup B	Batang Tubuh (Punggung)											
	1		2		3		4		5		6	
	Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki	
Leher	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	5	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

(Fauzi et al., 2023)

Dari nilai yang ada pada bagian bagian tubuh dari grup B kemudian dimasukan ke dalam tabel postur pada grup B untuk mengetahui skor akhir dalam tabel B.

- c. Pengembangan sistem skor untuk penggolongan bagian tubuh
 Penetapan skor penetapan penggunaan otot dan pembebanan, dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.11 Penggunaan Otot

Gerakan	Skor
Bila sebagian besar statik, misal memegang lebih dari 1 menit	1
Bila gerakan yang mengulang > 4 kali/ menit	1

(Fauzi et al., 2023)

Dengan ketentuan penggunaan jika postural tetap dalam jangka waktu yang lama (memegang +1 menit) atau melakukan pergerakan 4 kali/1 menit jadi, skor akan bertambah 1.

Tabel 2.12 Skor Pembebanan

Gerakan	Skor
Bila menggunakan beban < 2kg intermiten	0
Bila menggunakan antara 2 kg – 10kg intermiten	1
Jika menggunakan beban antara 2kg-10kg statis/repetitif	2
Jika beban > 10kg repetitif atau dengan kejutan	3

(Fauzi et al., 2023)

- d. Pengembangan skor akhir
 Setelah melakukan pencarian untuk memperoleh nilai dari grup A dan grup B, selanjutnya dilakukan dengan mencari skor akhir rata untuk mengetahui apakah postur kerja tersebut mengalami tingkatan bahaya tidak. Di bawah ini adalah perhitungan mencari skor akhir grup C:

Tabel 2.13 Skor Akhir

Skor Akhir Grup C	Skor Akhir								
	Skor C = skor dari tabel A + skor dari tabel B								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	7	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

(Fauzi et al., 2023)

3. RULA Action Level

Tabel 2.14 Action Level

Skor RULA	Klasifikasi Level	Tindakan
1-2	Minimum	Aman
3-4	Kecil	Diperlukan beberapa waktu kedepan
5-6	Sedang	Dilakukan Tindakan dalam waktu dekap
7	Tinggi	Dilakukan Tindakan sekarang juga

2.2.5. Quality Control and Assurance

Quality Control (QC) dan *Quality Assurance* (QA) adalah dua aspek penting dalam memastikan produk memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. QC melibatkan pengujian dan pemeriksaan terhadap produk selama atau setelah proses produksi untuk mendeteksi dan mengidentifikasi cacat atau ketidaksesuaian. QA, di sisi lain, lebih bersifat proaktif dan berfokus pada pencegahan kesalahan dengan merancang proses dan sistem yang menjamin produk yang dihasilkan memenuhi kualitas yang diinginkan.

PT. XYZ memiliki sistem QC dan QA yang ketat untuk memastikan kunci F yang diproduksi memenuhi standar yang tinggi. Pemeriksaan dilakukan pada setiap tahap produksi, mulai dari pemilihan material hingga pengujian akhir produk. Dengan mengintegrasikan metode QC dan QA yang baik, PT. XYZ dapat meminimalkan kesalahan produksi dan memastikan bahwa setiap kunci F yang diproduksi dapat diandalkan serta berkinerja optimal dalam aplikasi nyata.

Proses QC dimulai dengan pengujian material untuk memastikan bahwa material yang digunakan memiliki spesifikasi yang sesuai. Setelah tahap produksi, setiap kunci F melewati serangkaian pengujian untuk menilai kekuatan, ketahanan, dan ketepatan dimensi. QA kemudian memastikan bahwa setiap langkah dalam proses produksi sesuai dengan standar yang telah ditetapkan, baik dalam hal prosedur maupun penggunaan peralatan. PT. XYZ juga menggunakan metode statistik dan pengujian kualitas untuk memonitor

kualitas produk secara real-time, yang memungkinkan identifikasi masalah secara dini dan pengambilan tindakan korektif dengan cepat.

2.2.6. Engineering Economic Analysis

Engineering economic analysis adalah alat penting yang digunakan dalam pengambilan keputusan teknik untuk mengevaluasi proyek-proyek yang bersifat alternatif dan untuk memastikan hasil yang optimal. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Elmardi & Nafea (2021), analisis ini mencakup konsep arus kas, nilai waktu dari uang, dan metode evaluasi seperti analisis biaya-manfaat serta perbandingan alternatif proyek. Sebagai contoh, penerapan faktor bunga majemuk memungkinkan insinyur untuk menghitung nilai masa depan dan nilai kini dari investasi. Teknik ini memastikan bahwa sumber daya dialokasikan secara efisien untuk proyek-proyek yang memberikan hasil ekonomi terbaik, terutama dalam situasi di mana terdapat berbagai alternatif desain yang perlu dipertimbangkan. Studi kasus menunjukkan bahwa manfaat tambahan seperti penentuan tingkat diskonto yang sesuai dapat membantu mengukur pengaruh biaya dan manfaat dari sebuah proyek sepanjang siklus hidupnya. Dengan demikian, analisis ekonomi teknik berperan penting dalam menciptakan proyek yang berkelanjutan, efisien, dan menguntungkan Elmardi & Nafea (2021).

2.2.7. Ergonomics & Human Factors

Ergonomics dan human factors memainkan peran signifikan dalam menciptakan sistem kerja yang lebih aman, efisien, dan nyaman. Ergonomi, seperti yang dijelaskan dalam penelitian Khayal (2019), adalah ilmu yang mengoptimalkan interaksi antara manusia dan elemen sistem melalui desain pekerjaan, alat, dan lingkungan. Sebagai contoh, ergonomi fisik menitikberatkan pada postur kerja, kelelahan, serta pengelolaan risiko gangguan muskuloskeletal. Di sisi lain, ergonomi kognitif menangani proses mental, termasuk perhatian, pengambilan keputusan, dan beban kerja kognitif. Selain itu, pengembangan neuroergonomics membuka jalan baru untuk memahami preferensi pengguna menggunakan metode neurofisiologis seperti pencitraan otak. Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat meningkatkan desain produk, seperti

antarmuka manusia-komputer yang lebih intuitif, sehingga mendukung kinerja yang lebih baik. Implementasi ergonomi tidak hanya meningkatkan kesejahteraan pekerja, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap produktivitas dan efisiensi sistem secara keseluruhan (Khayal, 2019).

Musculoskeletal Disorder (MSDs) merupakan gangguan pada otot, sendi, dan saraf akibat postur kerja yang tidak ergonomis serta gerakan berulang dalam jangka waktu lama. Studi oleh Syakhroni et al. (2022) menunjukkan bahwa 77,8% pekerja batik mengalami risiko tinggi MSDs, terutama pada bagian leher, punggung, dan tangan. Analisis menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA) mengidentifikasi bahwa postur kerja seperti pengambilan lilin dan pembatikan memiliki skor tinggi (kategori 6-7), yang menandakan perlunya perbaikan segera untuk mengurangi risiko cedera. Prinsip ergonomi, seperti penyesuaian sudut kerja tangan dan punggung serta penggunaan alat bantu mekanis, dapat mengurangi beban kerja fisik dan meningkatkan efisiensi operasional.

Dalam industri migas dan manufaktur, ergonomi menjadi faktor utama dalam perancangan alat kerja untuk mencegah cedera dan meningkatkan produktivitas. Studi ergonomi ini memiliki implikasi langsung terhadap perancangan Universal F-Key yang digunakan dalam operasional gate valve. Penggunaan material ringan, desain pegangan yang sesuai dengan antropometri pekerja, serta mekanisme putar yang ergonomis dapat mengurangi tekanan pada pergelangan tangan dan meningkatkan kenyamanan operator. Dengan menerapkan prinsip ergonomi yang tepat, Universal F-Key dapat mendukung peningkatan keselamatan kerja dan efisiensi operasional di PT XYZ.

2.2.8. Safety

Keselamatan kerja (safety) menjadi salah satu aspek penting dalam manajemen proyek, khususnya di sektor konstruksi dan manufaktur. Menurut Hartanto et al. (2018), penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja (SMK3) adalah langkah utama untuk menciptakan lingkungan kerja yang aman. Proses ini melibatkan berbagai komponen seperti pelatihan, penyediaan alat pelindung diri (APD), dan pengembangan kebijakan yang mendukung

budaya keselamatan. Studi menunjukkan bahwa penggunaan APD yang memadai dan penerapan regulasi seperti UU No. 1 Tahun 1970 dapat secara signifikan menurunkan angka kecelakaan kerja. Selain itu, pemantauan risiko berbasis data dan inspeksi terencana memungkinkan identifikasi awal potensi bahaya. Dengan integrasi K3 dalam setiap aspek operasional, organisasi dapat mencapai target zero accident serta meningkatkan kualitas kerja dan kepercayaan pekerja (Hartanto et al., 2018)

2.2.9. Product Design & Development

Proses desain dan pengembangan produk membutuhkan pendekatan sistematis yang mempertimbangkan kebutuhan pengguna, kinerja, dan efisiensi biaya. Menurut Ulrich & Eppinger (2016), desain berpusat pada pengguna (user-centered design) menjadi paradigma dominan yang memastikan produk memenuhi ekspektasi kognitif dan emosional pengguna. Ergonomis kognitif, misalnya, membantu memahami bagaimana pengguna memproses informasi dan berinteraksi dengan produk, yang diterapkan untuk membuat desain antarmuka yang lebih intuitif. Selain itu, inovasi teknologi seperti material pintar dan nano-teknologi memberikan peluang baru untuk menciptakan produk yang adaptif terhadap lingkungan dan kebutuhan pengguna. Proses pengembangan yang kolaboratif antara desainer, insinyur, dan ahli ergonomi memastikan bahwa produk tidak hanya fungsional tetapi juga memberikan pengalaman pengguna yang optimal, menjadikan desain sebagai elemen kunci dalam keberhasilan produk di pasar (Ulrich & Eppinger, 2016).

Dalam praktiknya, pendekatan sistematis tersebut diterapkan dalam berbagai sektor industri, termasuk bidang pertanian dan manufaktur. Sebagai contoh, penelitian oleh Nurwidiana dkk. (2022) menerapkan metode pengembangan desain generik dari Ulrich & Eppinger untuk merancang alat penyiram lahan bawang merah berbasis teknologi solar fotovoltaik. Tahapan pengembangan dilakukan mulai dari perencanaan, pengembangan konsep, perancangan tingkat sistem, hingga pembuatan prototipe dan uji fungsional. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada fungsi alat, tetapi juga pada

kenyamanan pengguna melalui penerapan prinsip ergonomi dan efisiensi energi melalui pemanfaatan energi terbarukan.

Hal tersebut relevan dalam konteks perancangan Universal F-Key yang dirancang untuk mempermudah operasional gate valve pada sektor industri. Dengan pendekatan yang serupa proses pengembangan produk ini menitikberatkan pada integrasi antara kebutuhan teknis dan kenyamanan pengguna di lapangan. Penyesuaian terhadap antropometri pengguna, kemudahan penggunaan (*user experience*) serta efisiensi kerja menjadi komponen penting dalam desain produk yang akan menunjang produktivitas pekerja. Maka penerapan metode desain produk secara menyeluruh seperti yang diusulkan oleh Ulrich & Eppinger (2012) dan telah dibuktikan keefektifannya pada studi sebelumnya menjadi dasar penting dalam perancangan alat-alat bantu industri seperti Universal F-Key.

2.3. Hipotesa Dan Kerangka Teoritis

1. Hipotesa

Hipotesis adalah respons awal terhadap perumusan masalah dalam sebuah penelitian. Ini disebut sebagai respons awal karena jawaban yang dibuat didasarkan pada teori-teori yang relevan dan belum memperhitungkan data yang dikumpulkan (Sugiyono, 2019). Dalam Penelitian ini hipotesis penelitian didapatkan bahwa Penggunaan *Universal F-Key* pada prosedur operasional *gate valve* di PT. XYZ dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan operasional *gate valve*. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa penggunaan kunci F yang dibuat dengan material berkualitas tinggi dan proses manufaktur yang presisi akan menghasilkan komponen yang lebih kuat dan mampu menyalurkan torsi secara efektif. Hasilnya, *gate valve* akan mampu bekerja secara optimal, menurunkan risiko kegagalan operasional dan memperpanjang usia pakai sistem pipa.

Perancangan berbasis ergonomi dan antropometri, teori Ulrich dan Eppinger memberikan kerangka sistematis untuk memastikan alat yang dirancang memenuhi kebutuhan fungsional sekaligus kenyamanan pengguna. Prosesnya diawali dengan identifikasi kebutuhan pelanggan, yang mencakup

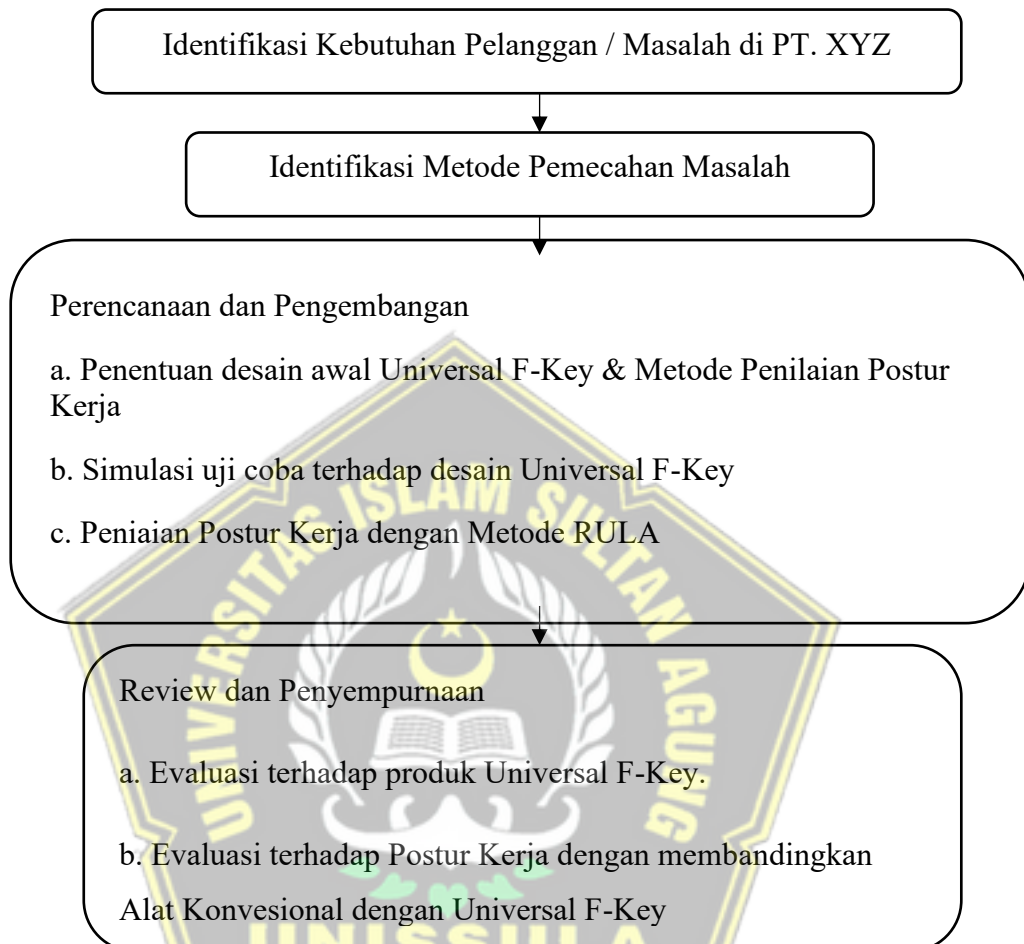
analisis postur tubuh, gerakan, dan tingkat kenyamanan saat bekerja. Selanjutnya, dilakukan spesifikasi produk dengan mempertimbangkan data antropometri seperti tinggi badan, jangkauan tangan, dan sudut kerja optimal agar alat dapat digunakan dalam postur alami. Tahapan berikutnya melibatkan penyusunan dan pemilihan konsep melalui metode seperti *morphological chart* untuk menggabungkan solusi yang paling sesuai, dengan prioritas pada ergonomi, kemudahan penggunaan, dan efisiensi. Simulasi dilakukan menggunakan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) untuk mengevaluasi risiko postur kerja, yang bertujuan memastikan desain mampu mengurangi potensi gangguan muskuloskeletal. Akhirnya, desain disempurnakan dengan menggunakan data antropometri untuk menyesuaikan dimensi alat, seperti menambahkan fitur *adjustable* agar dapat memenuhi kebutuhan operator yang beragam.

Metode perancangan Ulrich dan Eppinger yang berbasis ergonomi dan antropometri, desain *Universal F-Key* yang dihasilkan akan mampu mengurangi risiko gangguan muskuloskeletal serta meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja operator. Hal ini dicapai melalui identifikasi kebutuhan pengguna, spesifikasi produk berbasis data antropometri, simulasi risiko postur kerja menggunakan metode RULA, serta pengembangan desain yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan ergonomis pengguna.

2. Kerangka Teoritis

Kerangka teoritis adalah struktur konseptual yang digunakan untuk merancang dan mengorganisir pemahaman tentang topik penelitian. Ini mencakup kumpulan konsep, teori, prinsip, dan model yang relevan untuk membantu menjelaskan fenomena yang diteliti. Kerangka teoritis memberikan landasan untuk merumuskan pertanyaan penelitian, mengembangkan hipotesis, dan memandu analisis data (Sugiyono, 2019). Hal ini memungkinkan peneliti untuk mengaitkan hasil penelitian dengan literatur yang relevan dan memperluas pemahaman tentang subjek tersebut. Dengan menggunakan kerangka teoritis penelitian dapat mengintegrasikan berbagai aspek teoritis yang relevan untuk mendukung pengembangan dan evaluasi Kunci F pada

proses operasional *gate valve* di PT. XYZ. Berikut kerangka teoritis untuk penelitian ini, yaitu:



Gambar 2.6 Kerangka Teoritis

Permasalahan utama yang dihadapi PT. XYZ dalam proses operasional *gate valve* adalah kurangnya efisiensi dan keandalan alat kerja yang digunakan dalam proses ini. *Gate valve*, sebagai komponen utama dalam sistem perpipaan, membutuhkan alat yang presisi untuk mengoperasikannya secara optimal. Namun, alat yang tersedia saat ini tidak seragam, menyebabkan tingkat kesalahan operator yang tinggi, waktu pengerjaan yang lebih lama, dan risiko kerusakan pada komponen *valve*.

Alat-alat yang ada memiliki desain yang kurang ergonomis, sehingga mengurangi kenyamanan dan produktivitas pekerja. Dalam jangka panjang, permasalahan ini tidak hanya berdampak pada kinerja individu, tetapi juga menghambat target produktivitas perusahaan secara keseluruhan. Oleh karena itu,

diperlukan solusi berupa perancangan alat kerja universal yang dapat memenuhi kebutuhan operasional dengan spesifikasi teknis yang jelas, standar, dan seragam. Pembuatan *Universal F-Key* bertujuan untuk mengatasi permasalahan ini dengan menyediakan alat yang dirancang khusus untuk mendukung kelancaran proses operasional *gate valve*. Pengembangan alat ini diharapkan tidak hanya meningkatkan efisiensi dan akurasi kerja, tetapi juga memberikan dampak positif terhadap keselamatan kerja dan produktivitas perusahaan.

1. Tahap Perencanaan: Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi Pembuatan *Universal F-Key* Dalam Proses Operasional *Gate valve*

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi terhadap kebutuhan dan spesifikasi yang diperlukan untuk pembuatan *Universal F-Key*. Ini termasuk mengumpulkan informasi mengenai persyaratan teknis dan operasional dari produk tersebut.

2. Tahap Perancangan: Pengembangan dan Simulasi dan uji coba awal terhadap spesifikasi Pembuatan *Universal F-Key* Dalam Proses Operasional *Gate valve*

Setelah melakukan identifikasi kebutuhan, tahap perancangan menjadi langkah penting dalam memastikan bahwa produk yang dirancang mampu memenuhi spesifikasi teknis sekaligus meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja. Fokus utama pada tahap ini adalah penerapan teori ergonomi, termasuk penggunaan data antropometri, simulasi, dan pengujian awal untuk memastikan desain sesuai dengan kebutuhan pengguna dan kondisi lapangan. Tahap perancangan *Universal F-Key* diawali dengan pengumpulan data antropometri untuk menentukan dimensi optimal alat berdasarkan ukuran tubuh pekerja, seperti panjang lengan, tinggi genggam, jangkauan tangan, dan kekuatan genggam. Selanjutnya, dilakukan analisis postur kerja menggunakan metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment) untuk mengevaluasi postur tubuh bagian atas pekerja selama pengoperasian *gate valve*. Penilaian ini bertujuan mengidentifikasi risiko gangguan muskuloskeletal dan memastikan bahwa desain

mendukung postur kerja yang ergonomis, seperti sudut optimal pada siku, pergelangan tangan, dan bahu.

3. Tahap Pengujian Prototipe: Implementasi perangkat lunak CAD/CAM untuk merancang dan memproduksi kunci F dengan spesifikasi yang akurat dan seragam.

Pada tahap ini, prototipe dari produk yang telah dirancang diuji menggunakan perangkat lunak CAD/CAM. Prototipe tersebut harus memenuhi spesifikasi yang akurat dan seragam sesuai dengan rancangan awal.

4. Produk baru lolos pengujian

Jika prototipe memenuhi semua spesifikasi dan lolos uji coba, maka produk baru dinyatakan lolos pengujian.

5. Produk tidak lolos pengujian

Jika prototipe tidak memenuhi spesifikasi atau gagal dalam uji coba, maka produk dinyatakan tidak lolos pengujian dan memerlukan perbaikan atau redesign.

6. Tahap Evaluasi

Produk yang telah lolos pengujian akan dievaluasi lebih lanjut untuk memastikan bahwa produk tersebut siap untuk tahap implementasi. Evaluasi ini mencakup penilaian akhir terhadap performa dan kesesuaian produk.

7. Tahap penerapan

Implementasi Pembuatan *Universal F-Key* Dalam Proses Operasional *Gate valve* PT. XYZ.

8. Pelatihan berkelanjutan untuk Pekerja PT. XYZ.

Pada tahap ini, produk mulai diterapkan dalam proses operasional di PT. XYZ. Selain itu, dilakukan pelatihan untuk pekerja agar dapat menggunakan produk dengan benar.

9. Hasil Akhir dari Perencanaan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggantian material *gate valve* dengan bahan komposit atau aluminium terbukti efektif dalam mengurangi risiko percikan api hingga 40% dan meningkatkan keselamatan kerja melalui sifat anti-gesekan serta daya tahan terhadap korosi dan tekanan ekstrem. Desain ergonomis *Universal F-Key* yang dirancang menggunakan data antropometri mampu mendukung efisiensi pengoperasian *gate valve* pada berbagai jenis dan ukuran (2 hingga 18 inci), sekaligus mengurangi beban fisik dan risiko cedera akibat postur kerja yang tidak ergonomis. Selain itu, penggunaan material ringan seperti aluminium atau komposit, ditambah integrasi teknologi digital, berhasil meningkatkan produktivitas pekerja dengan mempercepat waktu operasional dan menciptakan lingkungan kerja yang lebih sehat dan efisien. Namun, proses pengembangan menghadapi beberapa tantangan teknis, seperti kompatibilitas material dengan *gate valve* yang ada, serta tantangan non-teknis berupa kebutuhan pelatihan dan penerimaan pengguna terhadap inovasi. Meskipun demikian, pelatihan intensif dan iterasi desain yang berkelanjutan mampu mengatasi sebagian besar kendala tersebut, sehingga hasil penelitian ini tidak hanya memenuhi tujuan tetapi juga memberikan pelajaran berharga untuk pengembangan inovasi serupa di masa mendatang.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan langkah penting dalam perancangan alat bantu kerja bertujuan untuk mendapatkan informasi akurat mengenai kondisi nyata di lapangan yang berkaitan dengan proses operasional gate valve. Data yang dikumpulkan mencakup informasi teknis, prosedural, dan ergonomis yang akan digunakan sebagai dasar dalam proses perancangan Universal F-Key agar sesuai dengan kebutuhan pengguna dan dapat meningkatkan produktivitas kerja.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi observasi langsung, wawancara mendalam, dan studi dokumentasi.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan langsung di lokasi kerja untuk melihat proses pembukaan dan penutupan gate valve, jenis alat yang digunakan, postur kerja operator, serta hambatan yang sering terjadi. Observasi langsung dilakukan di area operasional PT. XYZ untuk mengetahui kondisi lapangan.

2. Wawancara

Wawancara mendalam dilakukan dengan para ahli dan personil operasional gate valve. Tujuannya untuk memperoleh informasi mengenai pengalaman penggunaan alat existing, keluhan kerja, serta saran terhadap desain alat yang ideal.

3. Studi Dokumen

Analisis dokumentasi terdiri dari tinjauan terhadap publikasi teknis dan studi terdahulu mengenai penggunaan gate valve di PT. XYZ. Mengkaji dokumen internal perusahaan seperti SOP, data pemeliharaan alat, dan laporan keluhan pengguna. Dokumen ini memperkuat pemahaman tentang standar kerja yang berlaku.

3.3. Pengujian Hipotesa

Dasar pemikiran dari penelitian ini adalah bahwa pengembangan Universal F Key akan meningkatkan efisiensi operasional *gate valve* di PT. XYZ. Untuk menguji ide ini, prototipe kunci-F yang dibangun akan diuji coba dalam operasi dunia nyata. Data kinerja dari pengujian ini akan dibandingkan dengan data kinerja yang diperoleh sebelum penggunaan kunci F untuk menentukan peningkatan efisiensi.

3.4. Metode Analisis

Analisis deskriptif dan komparatif digunakan. Analisis deskriptif menjelaskan data yang dikumpulkan, seperti persyaratan teknis dan hasil pengujian prototipe. Analisis komparatif dilakukan untuk menilai kinerja operasional sebelum dan sesudah penggunaan *Universal F-Key*, dengan parameter seperti waktu operasional, pola postur pekerja saat pengoperasian alat.

Evaluasi dampak ergonomis dilakukan menggunakan metode Rapid Upper Limb Assessment (RULA). Metode ini digunakan untuk menilai postur tubuh bagian atas sebelum dan sesudah penggunaan Universal F-Key dalam aktivitas pengoperasian *gate valve*. Skor RULA memberikan gambaran kuantitatif mengenai tingkat risiko muskuloskeletal operator, yang akan dibandingkan antara kondisi sebelum dan setelah implementasi alat. Hasil ini digunakan untuk menjawab rumusan masalah ketiga.

3.5. Pembahasan

Tahapan perancangan produk atau sistem adalah proses yang kompleks dan sistematis, dimulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi akhir. Pada tahap pertama, identifikasi kebutuhan merupakan langkah kritis di mana berbagai persyaratan teknis dan operasional dikumpulkan dan dianalisis. Dalam konteks pembuatan *Universal F-Key* untuk proses operasional *gate valve*, identifikasi kebutuhan mencakup pengumpulan informasi mengenai spesifikasi teknis yang harus dipenuhi, seperti kekuatan material, ketahanan terhadap korosi, dan ergonomi. Data ini diambil melalui observasi lapangan, wawancara mendalam dengan personel operasional, serta analisis dokumen teknis sebelumnya. Pentingnya tahap ini terletak pada kemampuannya untuk

memastikan bahwa desain yang dikembangkan nantinya akan sesuai dengan kondisi operasional nyata di lapangan.

Setelah kebutuhan teridentifikasi dengan jelas, proses berlanjut ke tahap perancangan. Pada tahap ini, berbagai konsep desain mulai dikembangkan. Tahapan ini sering kali melibatkan metode brainstorming untuk mengeksplorasi berbagai alternatif solusi desain. Pemodelan awal, baik melalui sketsa manual maupun menggunakan perangkat lunak Computer-Aided Design (CAD), digunakan untuk membuat representasi awal dari produk yang akan dirancang. Dalam kasus perancangan *Universal F-Key*, simulasi awal dilakukan untuk memastikan desain memenuhi semua spesifikasi teknis yang telah ditetapkan. Setiap konsep kemudian dievaluasi berdasarkan beberapa kriteria, seperti biaya produksi, kemudahan penggunaan, dan efektivitas fungsional.

Tahap berikutnya adalah pengembangan desain yang lebih rinci. Pada tahap ini, desain yang telah terpilih dikembangkan lebih lanjut untuk menjadi desain final yang siap untuk diproduksi. Proses ini melibatkan pembuatan gambar teknik, pemilihan material yang tepat, dan simulasi penggunaan alat untuk memverifikasi bahwa desain tersebut akan berfungsi dengan baik dalam kondisi operasional sebenarnya. Penggunaan perangkat lunak CAD sangat membantu dalam menghasilkan model 3D yang akurat, yang memungkinkan evaluasi visual dan fungsional dari produk yang dirancang. Dalam konteks pembuatan *Universal F-Key*, simulasi komputer juga digunakan untuk menguji kekuatan, stabilitas, dan keandalan produk sebelum pembuatan prototipe.

Dalam analisis performa *Universal F-Key*, metode Taguchi digunakan untuk mengoptimalkan desain dengan pendekatan eksperimen yang sistematis (Hamzaçebi, 2020). Metode ini memungkinkan pengurangan variabilitas hasil produksi dengan menentukan kombinasi parameter terbaik untuk meningkatkan kinerja alat. Proses eksperimen dimulai dengan menentukan faktor-faktor utama yang mempengaruhi kinerja alat, seperti jenis metode pengelasan, tekanan operasi, dan variasi suhu lingkungan. Selanjutnya, *Orthogonal Arrays* (OA) diterapkan untuk mengatur kombinasi eksperimen secara efisien, sehingga dapat mengurangi jumlah uji coba tanpa kehilangan akurasi data. Hasil eksperimen

kemudian dianalisis menggunakan rasio *Signal-to-Noise* (S/N Ratio) guna mengidentifikasi kombinasi parameter terbaik yang menghasilkan kinerja optimal dengan variabilitas minimum.

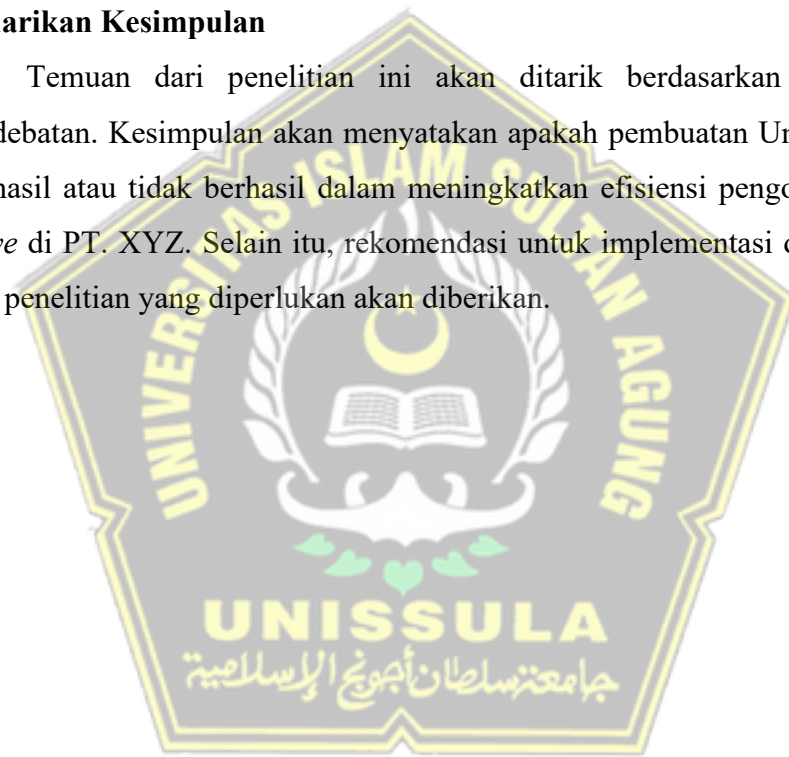
Tahap akhir dalam proses perancangan adalah evaluasi dan verifikasi desain. Pada tahap ini, prototipe yang telah dibuat diuji baik melalui uji coba fisik di lapangan maupun melalui simulasi komputer. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya memenuhi semua spesifikasi teknis tetapi juga berfungsi dengan baik dalam kondisi kerja yang sebenarnya. Jika produk memenuhi semua persyaratan, maka ia dianggap siap untuk diproduksi massal dan diimplementasikan dalam proses operasional yang sesungguhnya. Jika tidak, maka desain tersebut mungkin memerlukan perbaikan atau bahkan perancangan ulang. Evaluasi yang komprehensif ini sangat penting untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya efektif dan efisien, tetapi juga aman digunakan dalam jangka panjang.

Dengan demikian, tahapan perancangan, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga evaluasi, merupakan proses yang integral dan harus dilakukan secara hati-hati untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan sesuai dengan kebutuhan operasional. Setiap tahap tersebut memiliki peran penting dalam memastikan bahwa produk yang dihasilkan tidak hanya memenuhi spesifikasi teknis, tetapi juga dapat diandalkan dalam kondisi operasional yang beragam. Implementasi teknologi modern, seperti *CAD/CAM*, memungkinkan perancangan yang lebih presisi dan efisien, yang pada gilirannya mengurangi risiko kesalahan desain dan meningkatkan kualitas produk. Selain itu, penerapan metode evaluasi yang ketat, baik secara internal maupun eksternal, menjadi faktor kunci dalam keberhasilan perancangan produk, seperti *Universal F-Key*, yang dapat berfungsi optimal dalam berbagai kondisi industri. Pendekatan ini juga memastikan aspek *safety* terjamin, dengan memperhitungkan kemungkinan kegagalan dan risiko yang dapat muncul dalam penggunaan produk. Melalui pendekatan sistematis dan berbasis data, perusahaan dapat memastikan bahwa setiap tahap perancangan memberikan kontribusi positif terhadap pencapaian hasil akhir yang optimal, dengan mempertimbangkan seluruh variabel yang

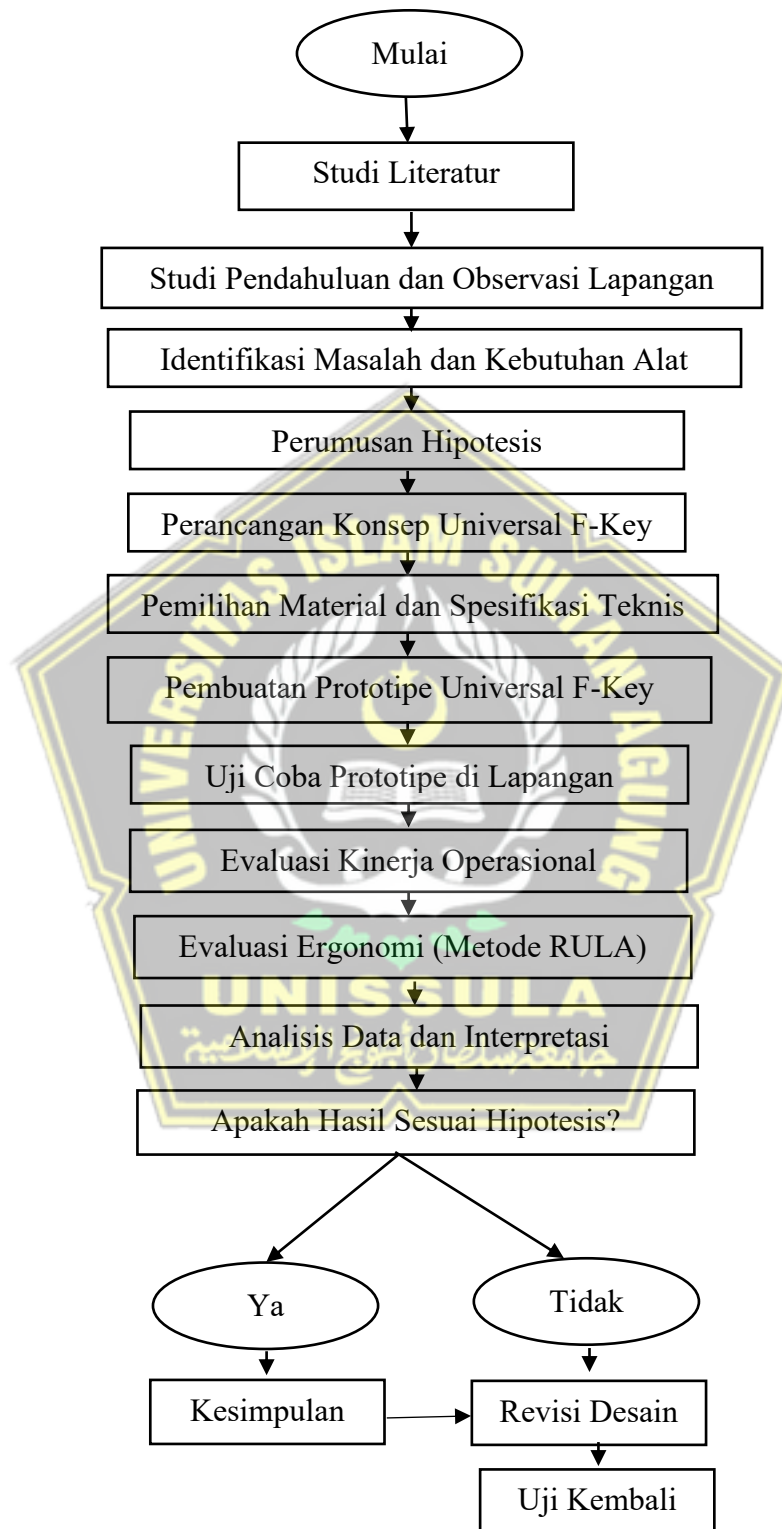
memengaruhi performa produk. Hal ini tidak hanya menjamin kualitas dan daya tahan produk, tetapi juga memastikan bahwa produk tersebut dapat memenuhi ekspektasi pengguna dan berfungsi secara efisien dalam jangka panjang, sehingga memberikan keuntungan kompetitif yang berkelanjutan dan mengurangi potensi kecelakaan yang dapat timbul dari penggunaan yang tidak aman. Kemudian pada hasil akhir akan dilaksanakan perhitungan Pola Postur Tubuh pekerja dengan metode RULA, sehingga didapatkan hasil dari penggunaan alat lama dibandingkan dengan Universal F-Key.

3.6. Penarikan Kesimpulan

Temuan dari penelitian ini akan ditarik berdasarkan analisis dan perdebatan. Kesimpulan akan menyatakan apakah pembuatan Universal Key F berhasil atau tidak berhasil dalam meningkatkan efisiensi pengoperasian *gate valve* di PT. XYZ. Selain itu, rekomendasi untuk implementasi di masa depan dan penelitian yang diperlukan akan diberikan.



3.7. Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram Alir

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

4.1.1. Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi Pembuatan Universal F-Key Dalam Proses Operasional *Gate valve*

Pada tahap awal perancangan Universal F-Key dilakukan analisis kebutuhan berdasarkan kondisi operasional di PT. XYZ. Identifikasi kebutuhan dilakukan melalui observasi dan wawancara dengan pekerja untuk memahami masalah yang ada pada pengoperasian *gate valve* konvensional. Beberapa aspek yang diidentifikasi meliputi:

1. Permasalahan Eksisting

Dalam operasional *gate valve* di PT. XYZ terdapat beberapa tantangan utama yang berdampak pada efisiensi kerja, keselamatan pekerja, dan produktivitas operasional. Dari hasil observasi ditemukan beberapa permasalahan utama dalam penggunaan F-Key manual saat ini, yaitu:

- a. Beragam Ukuran Gate Valve: PT. XYZ menggunakan *gate valve* dengan ukuran berbeda (2" hingga 18") sehingga membutuhkan berbagai ukuran F-Key.
- b. Alat Konvensional: Penggunaan alat seperti *adjustable wrench* atau F-Key standar sering kali tidak efektif dalam membuka dan menutup *gate valve*.
- c. Potensi Percikan Api: Material baja yang digunakan dalam F-Key lama dapat menimbulkan percikan api akibat gesekan.
- d. Postur Kerja Tidak Ergonomis: Operator sering kali harus membungkuk atau menggunakan tenaga berlebihan dalam operasional *gate valve*.
- e. Efisiensi Waktu Rendah: Dibutuhkan waktu lebih lama untuk mencari F-Key yang sesuai ukuran sebelum melakukan operasional *gate valve*.



Gambar 4.1 Adjustable Wrench Atau F-Key Manual

Berdasarkan hasil observasi, ditemukan bahwa pekerja menghadapi berbagai kendala yang menghambat efisiensi kerja dan meningkatkan risiko cedera. Oleh karena itu, *Universal F-Key* dirancang untuk mengatasi berbagai permasalahan eksisting dengan spesifikasi teknis yang memenuhi standar industri.

2. Kebutuhan Desain

Untuk mengatasi permasalahan eksisting sebelumnya, *Universal F-Key* harus memenuhi beberapa kebutuhan desain berikut:

a. Fleksibilitas untuk Berbagai Ukuran Gate Valve

F-Key dapat digunakan untuk berbagai ukuran (2" hingga 18") tanpa perlu mengganti alat secara manual. Mekanisme adjustable *F-Key* memungkinkan alat menyesuaikan diri dengan ukuran valve yang berbeda.

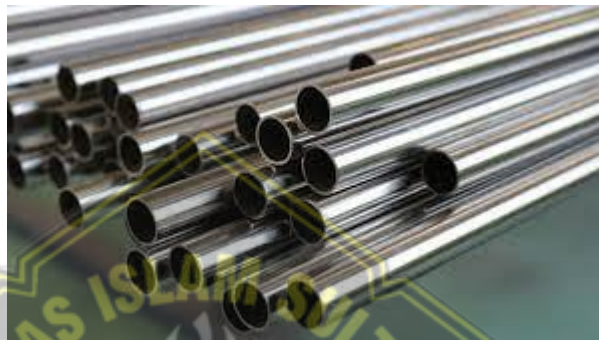
b. Desain Ergonomis untuk Mengurangi Beban Fisik

Pegangan harus nyaman dan antiselip agar tidak mudah terlepas saat digunakan. Desain harus mempertimbangkan sudut optimal penggunaan, sehingga pekerja dapat menggunakan alat dengan postur yang lebih baik. Beban alat harus cukup ringan, tetapi tetap memiliki daya tahan tinggi untuk menyalurkan torsi yang besar.

c. Material yang Kuat dan Tahan Lama

Material dari *F-Key* manual yang sebelumnya menggunakan baja karbon dalam desain ini akan diganti menggunakan stainless steel 304.

stainless steel 304 memiliki ketahanan terhadap korosi terutama karena lingkungan kerja sering terpapar air, minyak, dan bahan kimia. Material tersebut juga memiliki kekuatan mekanik tinggi sehingga dapat digunakan untuk membuka/tutup valve yang sudah berkarat atau macet. Daya tahan terhadap suhu ekstrem baik di lingkungan panas maupun dingin.



Gambar 4.2 Material Stainless Steel 304

d. Mekanisme *F-Key* yang Stabil

Universal F-Key dirancang dengan mekanisme *F-Key* yang stabil, yang memungkinkan alat dapat menempel dengan kuat pada *valve* tanpa risiko tergelincir atau terlepas secara tidak terduga. Salah satu fitur utama yang diterapkan dalam mekanisme *F-Key* ini adalah sistem pengunci otomatis. Sistem ini memastikan bahwa ketika *Universal F-Key* dipasang pada *gate valve*, alat akan terkunci secara otomatis dan tidak memerlukan tenaga tambahan untuk mempertahankan posisinya. Selain itu, untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan penggunaan, *Universal F-Key* juga dilengkapi dengan sistem pelepasan cepat (*quick-release*). Sistem ini memungkinkan alat untuk dilepas dengan mudah setelah proses pembukaan atau penutupan *gate valve* selesai, tanpa memerlukan usaha berlebih.

3. Spesifikasi Teknis

Berdasarkan kebutuhan desain di atas, *Universal F-Key* dirancang dengan sistem penjepit (*F-Key model*) yang dapat disesuaikan dengan berbagai ukuran *valve*. Komponen utama meliputi:

a. Pegangan (*Handle*) Ergonomis

Didesain dengan kontur yang nyaman digenggam mengurangi tekanan pada tangan pekerja.

b. *F-Key System* yang Dapat Disesuaikan

1) Mekanisme penjepit dapat diperbesar atau diperkecil untuk menyesuaikan dengan berbagai ukuran *gate valve*.

2) Menggunakan sistem baut pengunci yang dapat dikencangkan atau dilepaskan dengan cepat.

3) Memiliki torsi optimal agar tidak merusak *valve* saat digunakan.

c. Material Utama

Baja karbon atau stainless steel 304, yang memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi dan lingkungan kerja ekstrem. Daya tahan terhadap tekanan mekanik tinggi, sehingga tidak mudah patah atau aus. Bobot optimal, cukup ringan untuk dibawa tetapi tetap kuat dalam menyalurkan tenaga.

d. Dimensi dan Berat

Berat alat maksimum 2 kg sehingga masih nyaman digunakan tanpa menyebabkan kelelahan berlebih. Panjang total sekitar 30-40 cm agar bisa digunakan dengan dua tangan untuk memberikan torsi tambahan. Lebar penjepit yang dapat disesuaikan hingga 20 cm, untuk menyesuaikan berbagai ukuran *gate valve*.

e. Mekanisme Keselamatan

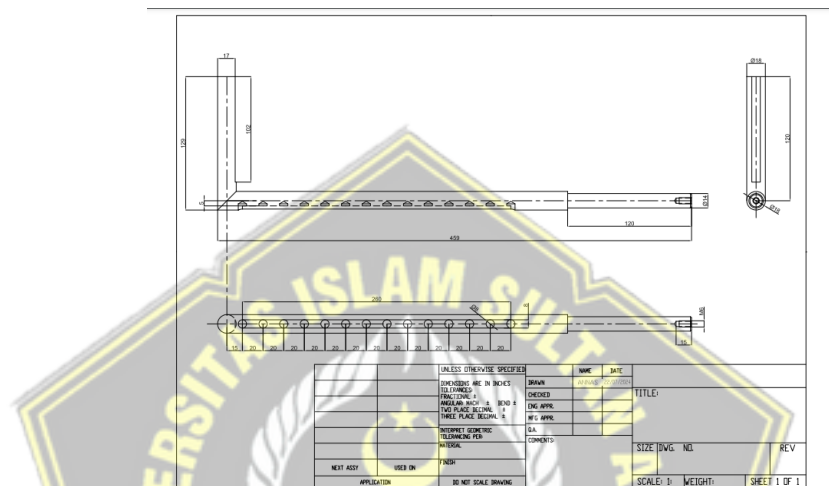
Sistem pengunci otomatis untuk menjaga posisi alat tetap stabil saat digunakan. Serta *Quick-release system* memungkinkan alat dilepas dengan cepat setelah selesai digunakan. Sudut rotasi optimal, memastikan alat dapat digunakan di berbagai posisi tanpa menyebabkan tekanan berlebih pada tangan pekerja.

4.1.2. Perancangan Desain Ergonomis *Universal F-Key* Dalam Proses Operasional *Gate Valve* di PT. XYZ

Dalam proses operasional *Gate Valve* di PT. XYZ dirancang *Universal F-Key* yang ergonomis guna meningkatkan produktivitas dan

mengurangi beban kerja operator. Salah satu komponen penting dalam perancangan ini adalah *F-Key Model* yang berfungsi sebagai mekanisme penjepit atau pengunci Universal F-Key agar tetap stabil saat digunakan. Berikut adalah desain dari *F-Key Model* yang terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

1. Desain *F-Key Model I*



Gambar 4.3 Desain *F-Key Model I*

Gambar desain yang ditampilkan merupakan *F-Key Model* dalam perancangan *Universal F-Key* yang digunakan untuk operasional *Gate Valve* di PT. XYZ. *F-Key Model* ini berfungsi sebagai mekanisme penjepit atau pengunci yang memungkinkan alat dapat digunakan secara efektif dan aman dalam membuka serta menutup *Gate Valve*. *F-Key Model* terdiri dari beberapa bagian utama yang memiliki fungsi spesifik, di antaranya:

a. *Main Body* (Badan Utama)

- 1) Memiliki bentuk batang panjang dengan beberapa lubang yang berfungsi sebagai titik pemasangan atau penyesuaian posisi.
- 2) Memiliki dimensi utama 450 mm × 120 mm
- 3) Beberapa lubang berdiameter kecil yang berjarak 20 mm satu sama lain memberikan fleksibilitas dalam pemasangan.
- 4) Didesain untuk menahan beban dan tekanan selama pengoperasian *Gate Valve*.

b. *Mounting Holes* (Lubang Pemasangan)

- 1) Diameter lubang Ø18 mm berjarak 20 mm antar lubang
 - 2) Digunakan untuk fleksibilitas pemasangan benda kerja pada berbagai posisi
 - 3) Fungsi: Memastikan bahwa Universal F-Key diposisikan secara tepat sebelum proses lebih lanjut
- c. *F-Key Arm* (Lengan Penjepit)
- 1) Memiliki ketinggian 102 mm dan ketebalan 17 mm.
 - 2) Terdapat bagian bergigi (*serrated clamp*) yang membantu menjepit benda kerja dengan lebih kuat.
 - 3) Fungsi: Menjepit dan menahan Universal F-Key agar tidak bergeser selama proses berlangsung.
- d. *Fastening Mechanism* (Mekanisme Pengencang)
- 1) Terdapat sekrup atau baut pengencang pada bagian *F-Key arm*
 - 2) Memastikan bahwa benda kerja tidak bergeser selama proses permesinan atau inspeksi.
- e. Proses Pembuatan dalam Desain *F-Key Model I*
- Urutan pembuatan *F-Key* model ini bisa melibatkan beberapa tahap utama:
- 1) Pemotongan Material
 - a) Material awal dipotong sesuai dimensi total (450 mm x 17 mm x 102 mm) menggunakan CNC Laser Cutting atau Water Jet Cutting untuk presisi tinggi.
 - b) Jika menggunakan batang logam, pemotongan bisa dilakukan dengan Bandsaw atau Plasma Cutting.
 - 2) Pembentukan Profil
 - a) Pemesinan dilakukan untuk membentuk bentuk dasar dan kontur siku pada material.
 - b) Proses bending (pembengkokan) dilakukan menggunakan Press Brake Machine untuk bagian yang memiliki sudut.
 - c) Pemotongan tambahan pada beberapa sisi mungkin dilakukan dengan Milling atau Grinding untuk hasil lebih presisi.

3) Pembuatan Lubang

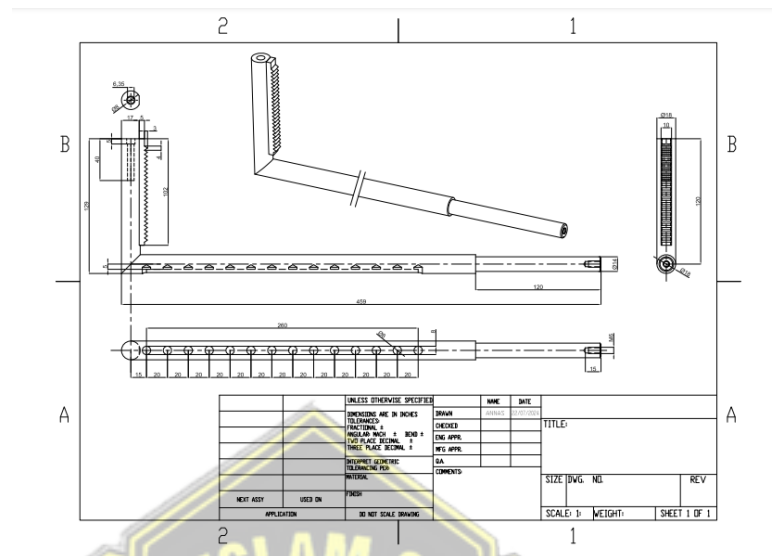
- a) Lubang Ø6 mm dibuat berulang dengan jarak 20 mm menggunakan mesin bor CNC atau drilling machine.
- b) Lubang utama Ø18 mm dibuat untuk pivot atau pemasangan komponen penjepit.
- c) Jika diperlukan ulir, dilakukan proses *Thread Tapping* untuk lubang tertentu.

4) Finishing

- a) Pembersihan tepi (*deburring*) dilakukan untuk menghilangkan sudut tajam guna meningkatkan keamanan penggunaan.
- b) Pelapisan (*coating*) seperti *galvanizing* diterapkan guna meningkatkan ketahanan korosi dan daya tahan.
- c) Pengecekan dimensi menggunakan alat ukur presisi untuk memastikan spesifikasi sesuai dengan standar.

F-Key Model dalam perancangan *Universal F-Key* ini merupakan bagian penting yang mendukung keamanan dan efisiensi dalam proses operasional *Gate Valve* di PT. XYZ. Dengan desain ergonomis yang mempertimbangkan stabilitas, fleksibilitas, dan kemudahan penggunaan, alat ini mampu meningkatkan produktivitas operator sekaligus mengurangi risiko cedera akibat penggunaan alat manual yang kurang optimal. Sehingga, dengan desain *F-Key Model* yang tepat operasional *Gate Valve* dapat dilakukan lebih efektif, cepat, dan aman, sejalan dengan tujuan peningkatan produktivitas kerja di PT. XYZ.

2. Desain *F-Key Model II*



Gambar 4.4 Desain *F-Key Model II*

Gambar desain yang diberikan menunjukkan *F-Key Model II* dalam Perancangan *Universal F-Key* yang berfungsi sebagai alat bantu dalam operasional *Gate Valve* di PT. XYZ. *F-Key Model* ini merupakan komponen penting dalam sistem *Universal F-Key* karena bertindak sebagai mekanisme pengunci dan stabilizer memungkinkan operator untuk membuka atau menutup *Gate Valve* dengan lebih efektif, ergonomis, dan aman. Berdasarkan gambar di atas *F-Key Model II* terdiri dari beberapa elemen utama yang memiliki fungsi spesifik dalam operasional *Universal F-Key*:

a. Badan Utama (*Main Body*)

- 1) Berbentuk batang panjang dengan beberapa lubang berulang yang berjarak 20 mm satu sama lain.
- 2) Total panjang mencapai 450 mm, dengan bagian penjepit sepanjang 120 mm.
- 3) Memungkinkan berbagai posisi pemasangan untuk fleksibilitas dalam penggunaan *Universal F-Key*.

b. Lubang Pemasangan (*Mounting Holes*)

- 1) Terdapat serangkaian lubang berdiameter $\varnothing 14$ mm, yang digunakan untuk memasang baut atau pin sebagai pengunci.

- 2) Memungkinkan pengaturan posisi *F-Key* Model sesuai dengan kebutuhan operator.
- c. Lengan Penjepit (*F-Key Arm*)
- 1) Memiliki ketinggian 102 mm dan ketebalan 17 mm.
 - 2) Terdapat bagian bergigi (*serrated clamp*) yang membantu menjepit benda kerja dengan lebih kuat.
 - 3) Fungsi: Menjepit dan menahan Universal F-Key agar tidak bergeser selama proses berlangsung.
- d. Engsel atau Titik Pivot
- 1) Bagian ujung memiliki pivot dengan diameter $\varnothing 18$ mm, yang memungkinkan fleksibilitas gerakan selama pengoperasian.
 - 2) Memastikan alat dapat bergerak dengan sudut optimal sesuai kebutuhan operasional.
- e. Proses Pembuatan dalam Desain *F-Key* Model II
- Urutan pembuatan *F-Key* model ini bisa melibatkan beberapa tahap utama:
- 1) Pemotongan Material
 - a) Material dipotong sesuai dengan dimensi total (450 mm x 17 mm x 102 mm) menggunakan CNC Laser Cutting, Water Jet Cutting, atau Bandsaw untuk memastikan akurasi tinggi.
 - b) Pemotongan dilakukan berdasarkan standar desain untuk menjaga bentuk dasar komponen.
 - 2) Pembentukan Profil
 - a) Pemesinan dilakukan untuk membentuk kontur siku dan detail lainnya pada bagian *F-Key*.
 - b) Bending (pembengkokan) dilakukan dengan Press Brake Machine untuk menghasilkan sudut yang presisi.
 - c) Jika terdapat lekukan tambahan, digunakan proses milling atau grinding untuk menyesuaikan bentuk akhir.

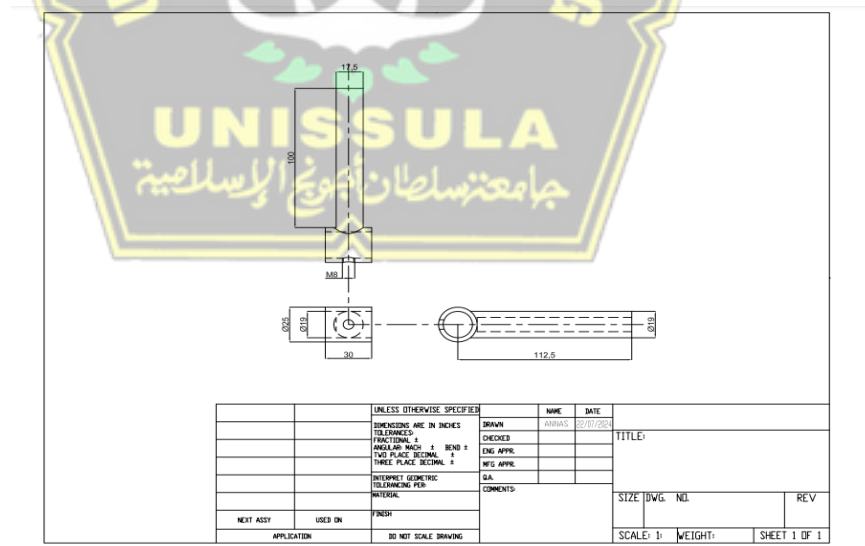
3) Pembuatan Lubang

- Lubang dengan $\varnothing 6$ mm dibuat secara berulang dengan jarak 20 mm menggunakan mesin bor atau CNC Drilling untuk memastikan posisi yang presisi.
- Lubang utama $\varnothing 18$ mm dibuat untuk pivot atau titik pemasangan komponen penjepit.
- Proses *Thread Tapping* dapat dilakukan jika diperlukan ulir untuk pemasangan baut atau komponen tambahan.

4) Finishing

- Pembersihan tepi (*deburring*) dilakukan untuk menghilangkan sudut tajam yang dapat mengganggu proses perakitan dan penggunaan.
- Pelapisan (*coating*) seperti galvanizing diterapkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
- Pengecekan dimensi dilakukan dengan alat ukur presisi guna memastikan bahwa spesifikasi telah sesuai dengan desain.

3. Desain *F-Key Model III*



Gambar 4.5 Desain Desain *F-Key Model III*

Gambar desain yang diberikan merupakan bagian dari *F-Key Model* dalam sistem *Universal F-Key* yang berfungsi untuk membantu operasional

Gate Valve secara lebih stabil dan ergonomis. Spesifikasi utama berdasarkan gambar teknis:

a. Dimensi utama

- 1) Panjang total: 112.5 mm
- 2) Lebar badan utama: 30 mm
- 3) Tinggi total: 100 mm
- 4) Merupakan komponen utama yang menopang mekanisme penjepitan.

b. Lubang Panjang (*Slot Hole*)

- 1) Dimensi slot panjang $\text{Ø}10 \text{ mm} \times 112.5 \text{ mm}$.
- 2) Fungsi: Memungkinkan fleksibilitas dalam penyesuaian posisi komponen selama proses penjepitan.

c. Lubang Berulir (*Threaded Hole*)

- 1) Lubang dengan ulir metrik M8, digunakan untuk pemasangan baut atau komponen lain yang terhubung dengan sistem *F-Key*.
- 2) Fungsi: Sebagai titik pemasangan untuk komponen lain dalam fixture.

d. Lubang Silindris

- 1) Diameter $\text{Ø}25 \text{ mm}$ dengan kedalaman 30 mm.
- 2) Fungsi: Sebagai tempat pemasangan elemen lain seperti pin alignment atau komponen penjepit lainnya.

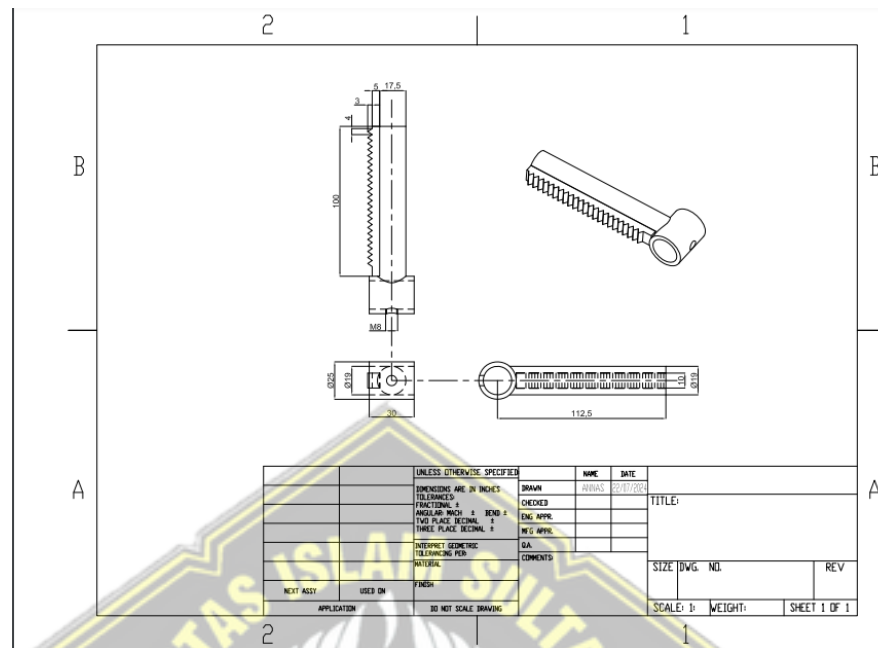
e. Proses Pembuatan dalam Desain *F-Key* Model III

- 1) Pemilihan dan Pemotongan Material
 - a) Material dipilih sesuai spesifikasi (stainless steel 304).
 - b) Pemotongan dilakukan sesuai dengan dimensi total (112.5 mm x 17.5 mm x 100 mm) menggunakan CNC Laser Cutting, Water Jet Cutting, atau Bandsaw untuk memastikan akurasi tinggi.
- 2) Pembentukan dan Pemesinan
 - a) Proses milling atau turning digunakan untuk membentuk kontur batang penjepit sesuai dimensi desain.

- b) Bagian ulir M8 dibuat menggunakan tapping atau thread rolling untuk memastikan kompatibilitas dengan baut atau mur yang sesuai.
 - c) Proses drilling (pengeboran) dilakukan untuk membuat lubang Ø6 mm dan Ø25 mm dengan akurasi tinggi.
- 3) Finishing dan Perakitan
- a) Pembersihan tepi (*deburring*) dilakukan untuk menghilangkan sudut tajam guna menghindari bahaya selama penggunaan.
 - b) Pelapisan (*coating*) seperti galvanizing diterapkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
 - c) Pemeriksaan kualitas (*Quality Check*) dilakukan untuk memastikan ukuran, toleransi, dan fungsi mekanis sesuai dengan spesifikasi desain.

Gambar desain ini menunjukkan bagian penting dari *F-Key* Model dalam sistem Universal F-Key untuk operasional Gate Valve. Dengan desain yang mencakup lubang pemasangan, ulir pengunci, serta dimensi yang sesuai, komponen ini memainkan peran krusial dalam stabilitas, efisiensi, dan keamanan operasional Gate Valve. Implementasi yang baik dari desain ini akan meningkatkan efektivitas kerja operator, mengurangi risiko kesalahan, serta memperpanjang umur alat dan sistem Gate Valve itu sendiri.

4. Desain *F-Key Model IV*



Gambar 4.6 Desain *F-Key Model IV*

Gambar diatas merupakan bagian dari *F-Key Model IV* dalam sistem *Universal F-Key* yang digunakan untuk membantu operasional *Gate Valve* agar lebih stabil dan presisi. Spesifikasi utama berdasarkan gambar teknis:

a. Dimensi Utama

- 1) Panjang total: 112.5 mm
- 2) Lebar badan utama: 30 mm
- 3) Tinggi total: 100 mm
- 4) Memiliki lubang berulir dan struktur bergerigi di salah satu sisi.
- 5) Fungsinya sebagai elemen utama dalam mekanisme penjepitan.

b. Lubang Berulir (*Threaded Hole*)

- 1) Lubang dengan ulir metrik M8 yang digunakan untuk pemasangan baut atau pin pengunci.
- 2) Fungsi: Memungkinkan koneksi dengan komponen lain dalam sistem *F-Key*.

c. Lubang Silindris

- 1) Diameter Ø25 mm dengan kedalaman 30 mm.

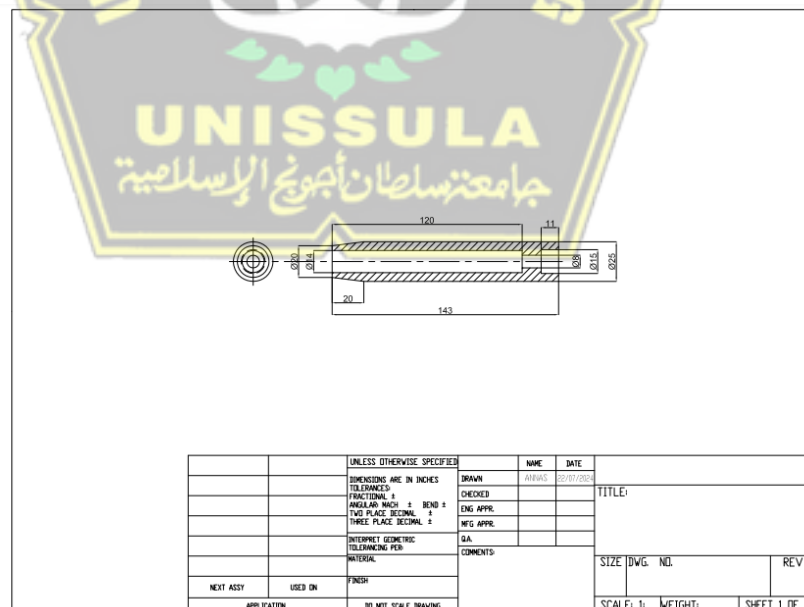
- 2) Fungsi: Sebagai titik poros atau tempat pemasangan elemen lain dalam mekanisme *F-Key*.
- d. Slot Panjang (*Slot Hole*)
- 1) Dimensi slot panjang $\text{Ø}10 \text{ mm} \times 112.5 \text{ mm}$.
 - 2) Fungsi: Memungkinkan fleksibilitas dalam penyesuaian posisi komponen saat penjepitan.
- e. Struktur Bergerigi (*Rack Teeth*)
- 1) Gigi-gigi pada permukaan atas komponen menunjukkan bahwa ini adalah bagian dari mekanisme *rack & pinion* atau sistem penguncian berbasis gesekan.
 - 2) Fungsi: Memberikan fleksibilitas dalam penguncian posisi Universal F-Key dengan penyesuaian bertahap.
- f. Proses Pembuatan dalam Desain *F-Key Model IV*
- Urutan pembuatan *F-Key* model ini bisa melibatkan beberapa tahap utama:
- 1) Pemilihan dan Pemotongan Material
 - a) Material dipilih sesuai spesifikasi (*stainless steel 304*).
 - b) Pemotongan awal dilakukan menggunakan water jet cutting, laser cutting atau bandsaw untuk memastikan presisi dimensi awal.
 - 2) Pemesinan (*Machining Process*)
 - a) dilakukan dengan Milling atau Grinding untuk hasil lebih presisi.
 - b) Proses milling dilakukan untuk membentuk profil dasar sesuai dimensi pada gambar.
 - c) Pengeboran lubang $\text{Ø}6 \text{ mm}$ dan $\text{Ø}25 \text{ mm}$ menggunakan CNC drilling untuk memastikan presisi tinggi.
 - d) Pembuatan ulir M8 dilakukan dengan tapping atau thread rolling.
 - e) Pembentukan gigi (*serrated profile*) dilakukan dengan proses milling atau hobbing, tergantung pada ketelitian yang dibutuhkan.

3) Finishing

- a) Deburring dilakukan untuk menghilangkan sisa tajam dari proses pemesinan.
- b) Pelapisan (*coating*) seperti galvanizing diterapkan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi.
- c) Pemeriksaan kualitas dilakukan untuk memastikan semua dimensi, toleransi, dan fungsi mekanis sesuai dengan spesifikasi.

Gambar ini menunjukkan bagian dari sistem *F-Key Model IV* dalam Universal *F-Key* yang digunakan dalam operasional *Gate Valve*. Dengan adanya mekanisme gigi (*rack*) sistem ini dapat memberikan fleksibilitas dalam pengaturan penjepitan. Fitur tambahan seperti lubang pemasangan dan ulir M8 memastikan kestabilan dan kompatibilitas dengan berbagai ukuran *Gate Valve*. Desain ini merupakan bagian penting dalam tahap perancangan sistem penguncian Universal *F-Key* yang meningkatkan efisiensi, keamanan, dan kemudahan penggunaan dalam pengoperasian *Gate Valve*.

5. Desain *F-Key Model V*



mekanisme operasional Gate Valve. Spesifikasi utama berdasarkan gambar teknis:

a. Dimensi Utama

- 1) Berbentuk batang silindris dengan panjang 143 mm.
- 2) Bagian utama memiliki diameter luar $\varnothing 26.5$ mm.

b. Lubang Silindris (*Inner Bore*)

- 1) Diameter dalam $\varnothing 8$ mm yang berfungsi sebagai lubang untuk poros atau elemen pengikat.
- 2) Panjang lubang 120 mm menunjukkan bahwa hampir seluruh bagian dalamnya berongga.
- 3) Ada bagian yang lebih kecil $\varnothing 6$ mm sepanjang 11 mm, kemungkinan sebagai tempat pemasangan baut atau pin pengunci.

c. *Step Section* (Bahu/Pundak)

- 1) Diameter berubah dari $\varnothing 26.5$ mm ke $\varnothing 8$ mm pada bagian tertentu.
- 2) Penyetelan atau penempatan yang lebih stabil dalam mekanisme penjepitan.
- 3) Alur atau slot $\varnothing 6$ mm dengan panjang 20 mm: digunakan untuk pemasangan pin pengunci atau sebagai tempat pegas dalam mekanisme *F-Key*.

d. Proses Pembuatan dalam Desain *F-Key* Model V

Urutan pembuatan *F-Key* model ini bisa melibatkan beberapa tahap utama:

1) Pemotongan Material

- a) Material dipilih sesuai spesifikasi (*stainless steel 304*).
- b) Pemotongan material sesuai ukuran menggunakan bandsaw, laser cutting, atau water jet cutting.

2) Proses Pemesinan (*Machining Process*)

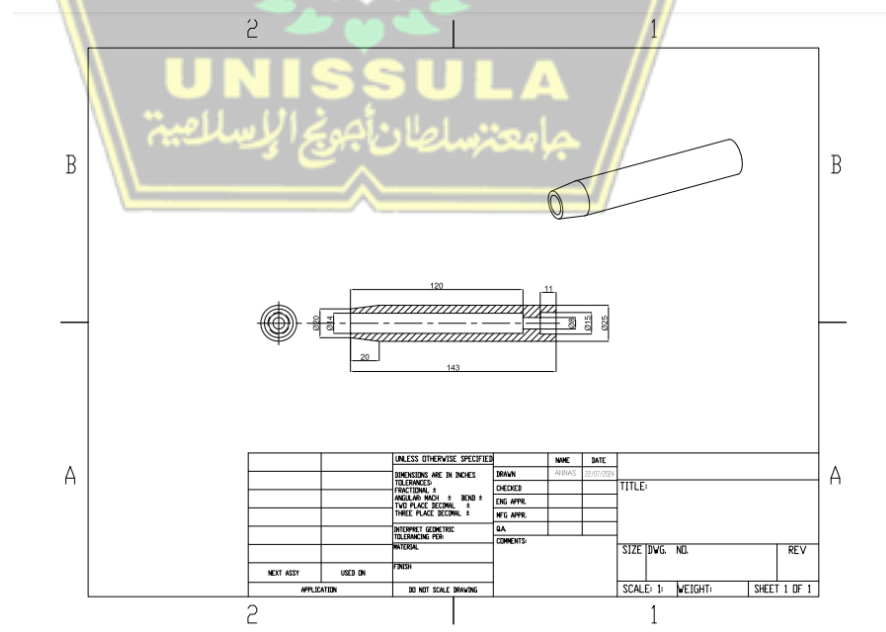
a) Proses bubut (*Turning Process*):

- (1) Membentuk diameter luar $\varnothing 25$ mm dan lubang dalam $\varnothing 8$ mm.
- (2) Menghasilkan panjang total 143 mm.

- b) Proses milling untuk mendapatkan bagian yang berbentuk datar atau presisi tertentu.
 - c) Pengeboran dan reaming untuk memastikan lubang memiliki dimensi yang presisi dan kualitas permukaan yang baik.
- 3) Finishing
- a) Deburring untuk menghilangkan sisa tajam dari proses pemesinan.
 - b) Pelapisan permukaan seperti hardening, anodizing, atau galvanizing untuk meningkatkan daya tahan dan mencegah korosi.

Gambar ini menunjukkan bagian poros pengunci atau *F-Key* shaft dalam sistem *Universal F-Key* yang digunakan dalam operasional *Gate Valve*. Dengan adanya fitur lubang tengah dan ulir pengunci, bagian ini memiliki fungsi utama sebagai penjepit atau penyambung mekanis dalam *Universal F-Key*. Desain ini merupakan bagian penting dalam tahap perancangan sistem penguncian *Universal F-Key* yang meningkatkan stabilitas, kemudahan penggunaan, dan keamanan operasional *Gate Valve*.

6. Desain *F-Key* Model VI



Gambar 4.8 Desain *F-Key* Model VI

Gambar diatas merupakan bagian dari sistem *F-Key Model VI* dalam desain *Universal F-Key* yang berperan dalam menjepit, mengunci, atau menghubungkan mekanisme operasional *Gate Valve*. Spesifikasi utama berdasarkan gambar teknis:

a. Dimensi Utama

- 1) Bentuk silindris dengan panjang total 143 mm.
- 2) Diameter luar Ø26.5 mm.

b. Lubang Silindris (*Inner Bore*)

- 1) Lubang utama Ø8 mm sepanjang 120 mm yang berfungsi sebagai tempat poros atau pengikat.
- 2) Lubang tambahan Ø6 mm sepanjang 11 mm kemungkinan sebagai tempat pin atau baut pengunci.

c. *Step Section* (Bahu/Pundak)

- 1) Terdapat perubahan diameter dari Ø26.5 mm ke Ø8 mm pada salah satu ujungnya.
- 2) Slot 20 mm memungkinkan pemasangan pin atau mekanisme penjepitan tambahan.

d. Proses Pembuatan dalam Desain *F-Key Model VI*

Urutan pembuatan *F-Key* model ini bisa melibatkan beberapa tahap utama:

1) Pemilihan Material & Pemotongan Awal

- a) Material dipilih sesuai spesifikasi (*stainless steel 304*).
- b) Pemotongan material dari batang silinder dengan panjang awal ± 143 mm menggunakan bandsaw atau mesin potong lainnya.

2) Proses Pembubutan (*Turning Process*)

- a) Membubut diameter luar menjadi Ø25 mm.
- b) Membubut bagian dalam (drilling & boring) hingga Ø8 mm untuk mencapai dimensi lubang yang diinginkan.
- c) Menambahkan chamfer atau fillet untuk mengurangi sudut tajam.

3) Proses Pemesinan Tambahan

- a) Proses pemesinan milling atau drilling jika ada fitur tambahan yang perlu dibuat, seperti lubang ulir atau slot.
- b) Reaming dapat dilakukan untuk mendapatkan toleransi lubang yang lebih presisi.

4) Finishing

- a) Deburring untuk menghilangkan sisa tajam dari pemesinan.
- b) Pelapisan permukaan seperti galvanizing atau nitriding untuk meningkatkan daya tahan dan mencegah korosi.

Gambar ini menunjukkan bagian poros pengunci atau *F-Key shaft* dalam sistem *Universal F-Key* yang digunakan dalam operasional *Gate Valve*. Dengan adanya fitur lubang tengah dan ulir pengunci bagian ini memiliki fungsi utama sebagai penjepit atau penyambung mekanis dalam *Universal F-Key*. Desain ini merupakan bagian penting dalam tahap perancangan sistem penguncian *Universal F-Key* yang meningkatkan stabilitas, kemudahan penggunaan, dan keamanan operasional *Gate Valve*.

Berdasarkan perancangan dengan *F-Key Model* didapatkan hasil produksi berupa *Universal F-Key* yang dapat digunakan dalam Proses Operasional *Gate valve*. Berikut hasil akhir *Universal F-Key* yang telah dirancang:



Gambar 4.9 Hasil Akhir Perancangan *Universal F-Key*

Universal F-Key adalah alat khusus yang digunakan untuk membuka dan menutup *gate valve* secara manual. Produk ini dirancang dengan desain ergonomis dan presisi tinggi untuk memastikan efisiensi dalam operasional

perpipaan, terutama dalam sistem yang membutuhkan kontrol aliran fluida yang optimal.

Universal F-Key adalah alat bantu yang dirancang untuk mempermudah pengoperasian gate valve, terutama dalam kondisi di mana valve sulit diputar karena usia, korosi, atau torsi yang tinggi. Dalam proses operasional, Universal F-Key memberikan keuntungan dalam aspek efisiensi, keamanan, dan ergonomi bagi pekerja yang bertugas mengontrol aliran fluida dalam sistem perpipaan. Penggunaan Universal F-Key dalam operasional gate valve dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Pemasangan pada Valve Stem
Universal F-Key dijepitkan pada poros gate valve dengan memastikan bahwa mekanisme penjepit (*F-Key model*) sudah terpasang dengan kuat dan tidak longgar.
2. Pengencangan Mekanisme *F-Key*
Setelah posisi alat sesuai, baut pengunci dikencangkan untuk memastikan *F-Key* tidak mudah terlepas saat digunakan.
3. Pemutaran Valve
Operator memegang gagang Universal F-Key dan mulai memutar dengan gerakan searah atau berlawanan jarum jam, tergantung pada kebutuhan membuka atau menutup gate valve. Pegangan ergonomis alat ini memberikan torsi tambahan sehingga operator dapat mengoperasikan valve dengan lebih sedikit tenaga.
4. Pelepasan Setelah Operasi
Setelah valve berada pada posisi yang diinginkan, baut pengunci dilonggarkan, dan Universal F-Key dilepaskan dari poros valve untuk digunakan kembali pada valve lain jika diperlukan.



Gambar 4.10 Penggunaan *Universal F-Key* Dalam Operasional *Gate Valve*

Universal F-Key dengan desain berbasis *F-Key* Model menawarkan solusi inovatif untuk pengoperasian gate valve dengan lebih stabil, presisi, dan aman. Implementasi model penjepitan memastikan alat ini dapat digunakan secara universal pada berbagai sistem perpipaan, meningkatkan efisiensi dan keamanan kerja di lapangan. Dengan demikian, produk ini menjadi pilihan ideal bagi PT. XYZ untuk proses pperasional *Gate valve* yang membutuhkan kontrol fluida yang andal dan presisi tinggi.

4.1.3. Evaluasi Dampak Penggunaan Universal F-Key Menggunakan Metode RULA di PT. XYZ

Sebelum dilakukan penilaian ergonomi menggunakan metode RULA, dilakukan pengukuran awal untuk membandingkan efektivitas operasional antara alat lama (*F-Key* konvensional) dan Universal F-Key. Pengukuran meliputi beban fisik yang ditanggung oleh operator serta waktu yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup gate valve.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penggunaan *F-Key* manual dari baja karbon memiliki bobot sebesar 3,8 kg, sedangkan Universal F-Key yang dirancang dengan material Stainless Steel 304 berongga hanya berbobot 2,3 kg, menghasilkan penurunan beban sebesar 1,5 kg atau 39%.

Dari sisi efisiensi waktu, rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk membuka dan menutup satu unit gate valve dengan alat lama adalah 5 menit, sedangkan dengan Universal F-Key, waktu yang dibutuhkan adalah 2 menit 30 detik. Ini menunjukkan peningkatan efisiensi waktu sebesar 50%.

Penurunan bobot alat dan waktu operasional ini berkontribusi terhadap peningkatan kenyamanan kerja, serta mengurangi tekanan statis pada pergelangan dan bahu, sehingga mendukung hasil skor RULA yang lebih rendah pada penggunaan alat baru.

Tabel 4.1 Perbandingan Beban dan Waktu Operasional

Parameter	F-Key Lama	Universal F-Key	Selsisih/Efisiensi
Berat Alat	3,8 kg	2,3 kg	-1,5 kg (↓39%)
Waktu Operasional (1 Value)	5 menit	2 menit 30 detik	↓50%

Pada evaluasi ini bertujuan untuk menganalisis dampak penggunaan Universal F-Key terhadap produktivitas pekerja dan pengurangan risiko cedera dalam operasional gate valve di PT. XYZ. Metode yang digunakan adalah *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) yang menilai postur tubuh pekerja sebelum dan sesudah penggunaan *Universal F-Key* untuk menentukan tingkat risiko ergonomis dan potensi cedera otot akibat postur kerja yang tidak ideal. Metoda RULA memberikan Skor 1 hingga 7 dengan kriteria sebagai berikut:

- 1-2 : Risiko Rendah (Postur Aman)
- 3-4 : Risiko Sedang (Perlu Pemantauan)
- 5-6 : Risiko Tinggi (Perlu Perbaikan Postur)
- 7+ : Risiko Sangat Tinggi (Perlu Perbaikan Segera)

Kemudian dari pembahasan sebelumnya, berikut merupakan hasil dari analisis perhitungan RULA:

1. Penilaian Postur Tubuh Grub A

a. Penilaian Grup A Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F-Key



Gambar Y. Postur Kerja Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

Hasil Penilaian:

1) Lengan atas



$a: 90.4^\circ$

Sudut fleksi $\pm 90^\circ \rightarrow$ Skor 4

Tidak disangga & ada perputaran → +1

Skor akhir lengan atas = 5

2) Lengan bawah



$\alpha: 60.7^\circ$

Sudut $\pm 60^\circ$ (antara 60° – 100°) → Skor 2

Skor akhir = 2

3) Pergelangan tangan



$\alpha: 15.9^\circ$

Sudut fleksi dan deviasi ~ 15 – 20° → Skor 2

Putaran tangan (pronasi penuh) → +1

Skor akhir = 3

4) Skor Gabungan A

- Lengan atas (5), Lengan bawah (2), Pergelangan (3) → Skor awal 5
- Jika ada otot statis atau beban sedang (karena menggunakan alat) → +1
- Skor bagian A = 6

Tabel 4.2 Nilai Skor Grup A Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

Tabel Grup A		Pergelangan Tangan							
Lengan		1		2		3		4	
		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk	
Atas	Bawah	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	1	1	1	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
	1	2	2	2	3	3	3	4	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
	1	2	3	3	3	4	4	5	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
	1	3	4	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
	1	5	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
	1	7	7	7	7	7	8	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9	8	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Sumber: Data diolah, 2025

Penilaian postur tubuh Grup A dalam metode RULA mencakup penilaian terhadap lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan, termasuk rotasi tangan. Sebelum penggunaan Universal F-Key, posisi tubuh menunjukkan:

- a) Lengan atas berada dalam posisi terangkat $\pm 90^\circ$, yang berarti pekerja mengangkat lengan lebih dari garis horizontal bahu.
- b) Kondisi ini menghasilkan skor 5, karena posisi tersebut meningkatkan beban statis pada otot bahu dan leher.
- c) Lengan bawah membentuk sudut antara 60° hingga 80° yang kurang ideal karena tidak sejajar dengan gravitasi dan tidak dalam posisi istirahat. Hal ini memberi skor 2.

Pergelangan tangan mengalami deviasi radial/ulnar sekitar $15-20^\circ$ dengan posisi pronasi penuh (telapak tangan menghadap ke bawah), yang menghasilkan skor 3 setelah penambahan poin untuk rotasi ekstrem.

Demikian, nilai akhir untuk Grup A sebelum penggunaan alat adalah 6, yang mengindikasikan postur yang tidak ergonomis dan berisiko tinggi terhadap gangguan muskuloskeletal, terutama pada bagian lengan dan pergelangan tangan. Kondisi ini memerlukan tindakan perbaikan segera.

b. Penilaian Grup A Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F-Key



Gambar Y. Postur Kerja Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

- 1) Lengan atas



a:46.1°

Fleksi $\pm 45^\circ$ – 60° → Skor 3

Skor akhir = 3

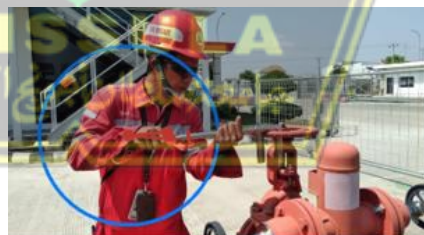
2) Lengan bawah



a:90.3°

Sekitar 90° (netral) → Skor 1

3) Pergelangan tangan



a:10.1°

$\sim 10^\circ$ deviasi → Skor 1

Putaran tangan semi-pronasi → +1

Skor akhir = 2

4) Skor Gabungan A

- Lengan atas (3), Lengan bawah (1), Pergelangan (2) → Skor awal 3

- Tambah 1 untuk beban ringan
- Skor bagian A = 4

**Tabel 4.3 Nilai Skor Grup A Sesudah Penggunaan
Penggunaan Universal F-Key**

Tabel Grup A		Pergelangan Tangan							
Lengan		1		2		3		4	
		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk		Pergelangan Tangan Menekuk	
Atas	Bawah	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	1	2	2	2	2	3	3	3
1	2	2	1	1	1	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
	1	2	2	2	3	3	3	4	4
2	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
	1	2	3	3	3	4	4	5	5
3	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
	1	3	4	4	4	4	4	5	5
4	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
	1	5	5	5	5	5	6	6	7
5	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
	1	7	7	7	7	7	8	8	9
6	2	7	8	8	8	9	9	8	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Sumber: Data diolah, 2025

Setelah penggunaan alat Universal F-Key terjadi perbaikan signifikan pada postur kerja:

- Lengan atas berada dalam posisi yang lebih rendah, sekitar 45°–60° sehingga mengurangi tekanan pada sendi bahu dan memberi skor 3.
- Lengan bawah berada dalam posisi mendekati 90° yang merupakan posisi netral dan ideal untuk aktivitas kerja, dengan skor 1.

- c) Pergelangan tangan berada dalam posisi hampir lurus dengan deviasi minimal ($\sim 10^\circ$) dan rotasi hanya sebagian (semi-pronasi), sehingga skor menurun menjadi 2.

Nilai akhir untuk Grup A setelah penggunaan alat adalah 4 yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam postur tubuh bagian atas. Beban kerja pada otot dan sendi ekstremitas atas berkurang, dan risiko cedera menurun secara nyata. Meski demikian, perbaikan lanjutan tetap disarankan untuk mencapai postur kerja optimal.

2. Penilaian Postur Tubuh Grup B

a. Penilaian Grup B Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F-Key



Gambar Y. Postur Kerja Sebelum Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

- 1) Leher
Sedikit menunduk → Skor 2
- 2) Punggung
Netral/tidak bengkok ekstrem → Skor 2
- 3) Kaki
Berdiri stabil di permukaan rata → Skor 1
- 4) Skor Gabungan B
 - Skor gabungan leher (2) -punggung (2) -kaki (1)
 - Skor bagian B = 3

**Tabel 4.4 Skor Grup Tubuh B Sebelum Penggunaan
Penggunaan Universal F-Key**

Tabel Grup B	Batang Tubuh (Punggung)											
	1		2		3		4		5		6	
	Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki	
Leher	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	5	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Sumber: Data diolah, 2025

Grup B mencakup penilaian terhadap leher, punggung bagian atas, dan posisi kaki. Sebelum penggunaan alat:

- Leher terlihat sedikit menunduk ke depan, memberikan skor 2 karena menyebabkan beban tambahan pada otot leher.
- Punggung atas sedikit membungkuk atau tidak sepenuhnya tegak, memberi skor 2.
- Kaki berada dalam posisi berdiri di permukaan yang stabil dan rata, sehingga mendapat skor 1.

Dengan demikian, skor gabungan Grup B adalah 3, yang menunjukkan adanya beban postural sedang pada tubuh bagian atas dan leher, meskipun posisi kaki masih baik. Kondisi ini berpotensi menimbulkan ketegangan otot dalam jangka panjang jika tidak segera diperbaiki.

b. Penilaian Grup B Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F-Key



Gambar Y. Postur Kerja Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

- 1) Leher
Leher tampak lebih tegak → Skor 1
- 2) Punggung
Punggung tampak lebih tegak → Skor 2
- 3) Kaki
Kaki tetap stabil → Skor 1
- 4) Skor Gabungan B
 - Skor gabungan leher (1) - punggung (2) - kaki (1)
 - Skor bagian B = 2

Tabel 4.5 Skor Grup Tubuh B Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

Tabel Grup B	Batang Tubuh (Punggung)											
	1		2		3		4		5		6	
	Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki		Kaki	
Leher	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	5	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9

Setelah penggunaan alat bantu terjadi perubahan positif pada postur tubuh secara keseluruhan:

- a) Leher tampak lebih tegak karena alat memungkinkan posisi kerja yang lebih nyaman dan tidak memaksa pekerja menunduk secara berlebihan. Skor leher menurun menjadi 1.
- b) Punggung atas tampak lebih sejajar dengan sumbu vertikal tubuh, menunjukkan posisi netral, sehingga skor menurun menjadi 1 atau tetap 2 tergantung ketegakan.
- c) Kaki tetap dalam posisi stabil dengan skor 1.

Dengan begitu, skor akhir Grup B menjadi 2, menandakan perbaikan postur yang signifikan, terutama pada bagian leher dan punggung. Hal ini mengindikasikan bahwa penggunaan alat membantu pekerja mempertahankan postur tubuh yang lebih ergonomis secara keseluruhan.

3. Perbandingan Skor RULA Sebelum dan Sesudah Penggunaan Penggunaan Universal F-Key

Tabel 4.6 Perbandingan Skor RULA

Komponen	Sebelum	Sesudah	Perubahan
Skor A	6	4	Menurun
Skor B	3	2	Menurun
Total RULA	7	5	Lebih Baik
Kategori Risiko	Tinggi	Sedang	Lebih Aman

Perbandingan antara skor sebelum dan sesudah menunjukkan bahwa penggunaan Universal F-Key memberikan dampak positif terhadap ergonomi kerja. Skor RULA menurun dari 7 (risiko tinggi) menjadi 5 (risiko sedang). Hal ini menandakan bahwa alat bantu tersebut mampu mengurangi beban postur pada ekstremitas atas, meningkatkan kenyamanan, dan mengurangi potensi cedera akibat kerja statis atau gerakan berulang.

Dengan kata lain, penggunaan alat bantu seperti Universal F-Key sangat direkomendasikan sebagai bagian dari perbaikan desain kerja secara

ergonomis, terutama dalam aktivitas yang memerlukan tenaga manual dan pengulangan gerakan tangan.

4.2. Pembahasan

4.2.1. Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi Pembuatan *Universal F-Key* Dalam Proses Operasional *Gate valve*

Hasil penelitian mengenai identifikasi kebutuhan dan spesifikasi pembuatan *Universal F-Key* dalam operasional *gate valve* di PT. XYZ menunjukkan bahwa alat ini sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan eksisting yang ada pada sistem manual sebelumnya. Identifikasi kebutuhan dilakukan melalui observasi langsung di lapangan serta wawancara dengan para pekerja yang berpengalaman dalam pengoperasian *gate valve*. Berdasarkan analisis yang dilakukan, ditemukan bahwa permasalahan utama yang dihadapi mencakup variasi ukuran *gate valve*, ketidakefektifan alat konvensional, risiko percikan api, postur kerja yang tidak ergonomis, serta efisiensi waktu yang rendah dalam operasional.

Desain *Universal F-Key* yang dikembangkan memiliki beberapa keunggulan utama, antara lain fleksibilitas untuk berbagai ukuran *gate valve* (2" hingga 18"), desain ergonomis yang mengurangi beban fisik pekerja, penggunaan material stainless steel 304 untuk ketahanan terhadap korosi dan lingkungan kerja ekstrem, serta mekanisme *F-Key* yang stabil dengan sistem pengunci otomatis. Dengan adanya inovasi ini, diharapkan efisiensi waktu kerja meningkat, serta risiko cedera akibat postur yang tidak ergonomis dapat berkurang secara signifikan.

Teori modularitas dalam desain peralatan industri menyatakan bahwa suatu alat harus memiliki fleksibilitas untuk digunakan dalam berbagai kondisi tanpa memerlukan banyak perubahan (Ulrich & Eppinger, 2020). Desain modular memungkinkan satu alat bekerja pada berbagai ukuran komponen, sehingga meningkatkan efisiensi dan mengurangi kebutuhan akan berbagai alat yang berbeda. Penggunaan modularisasi dilakukan untuk memudahkan pemindahan dan penggantian komponen dengan melakukan pengelompokan produk dalam bentuk suatu unit yang berbeda berdasarkan

funksinya. Hal ini menimbulkan keuntungan dan membuahkan solusi terbaik dari sisi teknik yang telah dirancang (Suwondo & Widjajati, 2020).

Ergonomics dan *human factors* memainkan peran signifikan dalam menciptakan sistem kerja yang lebih aman, efisien, dan nyaman. Ergonomi adalah ilmu yang mengoptimalkan interaksi antara manusia dan elemen sistem melalui desain pekerjaan, alat, dan lingkungan (Khayal, 2019). Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari interaksi antara manusia dengan alat yang digunakan untuk meningkatkan kenyamanan dan efisiensi kerja (Saputro & Suryati, 2023). Dalam konteks penelitian ini, Universal F-Key dirancang dengan pegangan ergonomis dan sudut rotasi optimal untuk mengurangi risiko cedera pada pekerja.

Pemilihan material merupakan faktor utama dalam perancangan alat industri, terutama dalam aspek daya tahan, keandalan, dan keselamatan kerja. Universal F-Key yang digunakan dalam operasional gate valve di PT XYZ menggunakan material Stainless Steel dengan diameter 17mm, yang dipilih karena memiliki ketahanan korosi tinggi serta kekuatan mekanik yang lebih baik dibandingkan material sebelumnya. Material Stainless Steel yang digunakan mengacu pada standar internasional, seperti ASTM A276 Type 304 atau standar setara lainnya, yang memiliki sifat mekanik unggul, termasuk kekuatan tarik minimal 515 MPa dan ketahanan korosi yang tinggi (Smith & Thompson, 2020). Material Stainless Steel 304 (SS304) merupakan baja tahan karat yang banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri karena ketahanan korosinya yang tinggi, kekuatan tarik yang baik, serta kemampuan pembentukan yang optimal (Pramono et al., 2023). SS304 memiliki kandungan krom minimal 11,5%, yang memungkinkan terbentuknya lapisan oksida pasif untuk mencegah korosi. Selain itu, material ini memiliki kekuatan tarik (tensile strength) sebesar 646 MPa dan yield strength sebesar 270 MPa, yang menjadikannya pilihan ideal dalam peralatan industri seperti tangki, bejana tekan, dan peralatan kimia (Pramono et al., 2023).

Menurut Pahl & Beitz (2018) pengembangan alat industri harus memperhatikan aspek fungsi, keamanan, dan keandalan. Universal F-Key dirancang dengan sistem penjepit yang dapat disesuaikan, memastikan alat dapat digunakan dalam berbagai ukuran gate valve tanpa kehilangan kestabilan dan keamanan. Sistem pengunci otomatis yang diterapkan dalam Universal F-Key mengacu pada prinsip dasar mekanika dalam meningkatkan stabilitas dan keamanan alat selama penggunaan (Budynas & Nisbett, 2019). Dalam perancangan alat kerja, mekanisme pengunci otomatis berfungsi untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi penggunaan alat. Menurut studi yang dilakukan oleh Lee et al. (2018), penggunaan sistem pengunci otomatis pada alat industri dapat mengurangi kesalahan operasional dan meningkatkan produktivitas kerja. Dengan mekanisme *F-Key* yang stabil, Universal F-Key dapat digunakan tanpa risiko tergelincir atau lepas secara tidak terduga.

Penelitian ini sejalan dengan studi yang dilakukan oleh Smith (2020) mengenai pengaruh alat ergonomis terhadap produktivitas kerja di industri manufaktur. Hasil penelitian mereka menunjukkan bahwa penggunaan alat yang didesain dengan prinsip ergonomi dapat meningkatkan efisiensi kerja hingga 25% dan mengurangi cedera kerja sebesar 40%. Lee et al. (2018) yang membahas sistem pengunci otomatis pada alat industri menemukan bahwa mekanisme *quick-release* mampu mengurangi waktu kerja hingga 30% dibandingkan metode konvensional.

Berdasarkan observasi di PT. XYZ ditemukan bahwa pekerja sering mengalami kelelahan otot akibat penggunaan F-Key manual yang tidak ergonomis. Postur kerja membungkuk atau menggunakan tenaga berlebihan sering kali menjadi penyebab utama kelelahan dan risiko cedera muskuloskeletal. Selain itu, penggunaan alat konvensional membutuhkan waktu lebih lama dalam operasional gate valve yang berdampak pada efisiensi kerja secara keseluruhan. Pekerja juga sering mengalami kesulitan dalam memilih F-Key yang sesuai dengan ukuran gate valve menyebabkan waktu operasional lebih lama dan berpotensi meningkatkan risiko cedera akibat postur kerja yang tidak ergonomis. Selain itu, penggunaan F-Key

manual dari baja karbon menimbulkan potensi percikan api akibat gesekan, yang berisiko terhadap keselamatan kerja. Oleh karena itu, desain Universal F-Key yang baru harus mempertimbangkan aspek keamanan, ergonomi, dan efisiensi kerja agar dapat mengatasi permasalahan ini secara efektif. Dengan demikian, hasil pembahasan ini menjawab rumusan masalah pertama dan sejalan dengan tujuan pertama penelitian mengenai identifikasi spesifikasi teknis Universal F-Key.

4.2.2. Perancangan Desain Ergonomis Universal F-Key Dalam Proses Operasional Gate Valve di PT. XYZ

Salah satu komponen penting dalam perancangan desain ergonomis universal F-Key dalam proses operasional gate valve di PT. XYZ adalah *F-Key Model*. Desain yang dikembangkan dalam penelitian ini mencakup enam model *F-Key* yang berfungsi sebagai mekanisme penjepit atau pengunci Universal F-Key memastikan stabilitas alat saat digunakan. Setiap model memiliki karakteristik unik dengan fitur yang dirancang khusus untuk meningkatkan efektivitas kerja dalam operasional Gate Valve. Setiap model yang dirancang telah melewati tahapan produksi mulai dari pemotongan material, pembentukan profil, pembuatan lubang, hingga tahap finishing. Proses ini dilakukan dengan teknologi tinggi seperti CNC Laser Cutting, Water Jet Cutting, dan Press Brake Machine untuk memastikan akurasi dan kualitas produk yang tinggi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *F-Key Model* yang dirancang memiliki beberapa keunggulan utama. Pertama, dari segi stabilitas dan keamanan desain ini mampu meningkatkan kestabilan dalam penggunaan Universal F-Key, sehingga mengurangi risiko pergeseran atau kesalahan pemasangan yang dapat mempengaruhi kinerja alat. Kedua, dalam hal efisiensi pemasangan fitur fleksibel pada desain memungkinkan operator untuk menyesuaikan posisi dengan lebih cepat dan mudah, mengoptimalkan waktu kerja. Terakhir, dari aspek reduksi beban kerja desain ergonomis yang diterapkan memungkinkan operator untuk mengoperasikan alat dengan lebih

sedikit tenaga, sehingga meningkatkan kenyamanan dan mengurangi kelelahan selama penggunaan.

Ergonomi adalah disiplin ilmu yang mempelajari interaksi manusia dengan elemen lain dalam sebuah sistem, serta profesi yang menerapkan teori, prinsip, data, dan metode untuk merancang pekerjaan yang mengoptimalkan kesejahteraan manusia dan kinerja sistem secara keseluruhan (Sari & Utami, 2022). Ergonomi berfokus pada penyesuaian alat kerja dengan kemampuan dan keterbatasan manusia guna meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam bekerja (Sanders & McCormick, 2021). Pada perancangan alat industri ergonomi berperan penting dalam menyesuaikan alat, metode, dan lingkungan kerja agar sesuai dengan kemampuan dan keterbatasan manusia, sehingga pekerjaan dapat dilakukan dengan efektif, aman, sehat, dan nyaman (Susanti, 2015). Dalam konteks perancangan *F-Key Model*, prinsip ergonomi diterapkan untuk mengurangi risiko cedera akibat tekanan berlebih pada tangan dan tubuh operator.

Beberapa penelitian sebelumnya mendukung hasil penelitian ini. Studi oleh Kumar et al. (2022) menunjukkan bahwa penerapan desain ergonomis pada alat industri dapat meningkatkan efisiensi kerja hingga 25% serta mengurangi risiko kecelakaan kerja. Penelitian lain oleh Zhang et al. (2023) juga menegaskan bahwa teknologi pemotongan presisi tinggi, seperti CNC Laser Cutting dan Water Jet Cutting, berperan dalam meningkatkan akurasi serta kualitas produk industri manufaktur.

Observasi di PT. XYZ menunjukkan bahwa penggunaan Universal *F-Key* dalam operasional gate valve memerlukan stabilitas dan keamanan tinggi untuk mencegah pergeseran atau kesalahan pemasangan yang dapat mempengaruhi kinerja alat. Selain itu, efisiensi pemasangan dan reduksi beban kerja operator menjadi perhatian utama. Dengan menerapkan desain ergonomis pada *F-Key Model*, operator dapat menyesuaikan posisi alat dengan lebih cepat dan mudah, serta mengoperasikannya dengan lebih sedikit tenaga, sehingga meningkatkan kenyamanan dan mengurangi kelelahan selama penggunaan. Dengan diterapkannya desain *F-Key Model* yang baru,

terjadi peningkatan signifikan dalam stabilitas alat, efisiensi pemasangan, serta kenyamanan operator. Penggunaan teknologi canggih dalam proses produksi, seperti CNC Laser Cutting, Water Jet Cutting, dan Press Brake Machine juga memastikan bahwa setiap model yang dihasilkan memiliki presisi tinggi dan kualitas unggul.

Selain pendekatan ergonomi secara umum perancangan Universal F-Key ini juga mempertimbangkan prinsip antropometri yaitu pengukuran dimensi tubuh manusia yang relevan dalam desain alat. Antropometri sangat penting dalam memastikan bahwa alat dapat digunakan secara nyaman oleh sebagian besar populasi pekerja, khususnya dalam aspek ukuran pegangan, tinggi pengoperasian, dan sudut kerja.

Dalam hal ini, pegangan Universal F-Key dirancang berdasarkan data antropometri pekerja laki-laki Indonesia dewasa, terutama pada persentil ke-5 hingga ke-95 untuk panjang lengan bawah, kekuatan genggam tangan, serta jangkauan kerja optimal dalam posisi berdiri. Panjang alat 30–40 cm dan berat maksimum 2 kg dipilih untuk menyesuaikan batas toleransi beban statis yang dapat ditangani dengan satu atau dua tangan serta mempertimbangkan batas kekuatan tangan agar tidak menyebabkan kelelahan otot berlebih.

Penempatan dan sudut pegangan juga memperhatikan sudut kerja netral antara 90–120° yang berada dalam kisaran sudut optimal untuk memutar alat tanpa menyebabkan deviasi pergelangan tangan yang berisiko cedera. Dengan pendekatan ini Universal F-Key tidak hanya ergonomis secara fungsi, tetapi juga sesuai dengan dimensi fisik mayoritas pengguna, sehingga meningkatkan efisiensi kerja sekaligus menurunkan risiko gangguan muskuloskeletal.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perancangan *F-Key Model* dalam desain ergonomis Universal F-Key memiliki dampak positif terhadap operasional gate valve di PT. XYZ. Keunggulan utama dari desain ini meliputi peningkatan stabilitas dan keamanan, efisiensi pemasangan, serta reduksi beban kerja operator. Dengan menerapkan prinsip ergonomi dan

teknologi manufaktur modern, desain ini mampu mengoptimalkan kinerja alat dan meningkatkan produktivitas kerja.

4.2.3. Evaluasi Dampak Penggunaan Universal F-Key Terhadap Produktivitas Pekerja Dan Pengurangan Risiko Cedera di PT. XYZ

Hasil analisis menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA) menunjukkan bahwa sebelum implementasi *Universal F-Key*, pekerja yang melakukan operasi *gate valve* berada pada postur kerja yang kurang ergonomis terutama pada lengan atas, lengan bawah, pergelangan tangan, leher, dan punggung. Skor RULA yang diperoleh dalam kondisi ini adalah 7 yang menunjukkan tingkat risiko cedera yang sangat tinggi dan memerlukan tindakan korektif segera.

Setelah penggunaan *Universal F-Key* terjadi peningkatan ergonomi yang signifikan, dengan skor RULA menurun menjadi 4. Hal ini mengindikasikan bahwa risiko cedera berkurang sebesar 42%. Penurunan skor ini disebabkan oleh berkurangnya tekanan pada pergelangan tangan, peningkatan postur tubuh yang lebih baik saat memutar valve, serta penurunan beban gaya torsi yang harus dikeluarkan oleh pekerja. Dengan kata lain, *Universal F-Key* mampu mengurangi ketegangan otot dan risiko gangguan muskuloskeletal.

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah metode untuk menilai postur, gaya, dan gerakan dalam suatu aktivitas kerja yang berhubungan dengan penggunaan anggota tubuh bagian atas (*Upper Limb*). Metode ini dikembangkan untuk menyelidiki risiko kelainan yang mungkin dialami oleh seorang pekerja saat melakukan aktivitas kerja yang melibatkan anggota tubuh bagian atas (Abidin & Sugiyanto, 2021). Menurut Susanti (2015) ergonomi kerja berperan penting dalam mencegah gangguan muskuloskeletal serta meningkatkan efisiensi kerja. RULA sebagai metode analisis postur kerja dirancang untuk mengevaluasi potensi cedera akibat posisi tubuh yang tidak ergonomis terutama pada bagian tubuh atas. Saat seorang pekerja bekerja dalam kondisi yang tidak ergonomis dalam jangka waktu panjang, mereka berisiko mengalami cedera berulang (*Repetitive Strain Injury*/RSI)

dan gangguan muskuloskeletal seperti tendinitis atau sindrom lorong karpal (*carpal tunnel syndrome*) (McAtamney & Corlett, 2020)

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahman (2022) mengenai penggunaan alat bantu ergonomis dalam industri manufaktur. Dalam studi tersebut, ditemukan bahwa implementasi alat bantu ergonomis dapat menurunkan skor RULA dari 6 menjadi 3 yang berimplikasi pada penurunan risiko cedera dan peningkatan produktivitas hingga 35%. Penelitian oleh Andriani & Subhan (2016) dengan menerapkan metode RULA (*Rapid Upper Limb Assesment*) ditemukan hasil bahwa hasil perancangan alat secara ergonomic mampu meminimalkan kelelahan di pabrik kerupuk. Waktu standar berkurang dari 4,89 menit menjadi 0,98 menit, postur kerja membaik dari kategori tindakan "segera" ke "aman". Penelitian oleh Saputro & Suryati (2023) juga mendukung hasil penelitian dengan menunjukkan bahwa penerapan ergonomi terbukti mengurangi risiko cedera kerja, meningkatkan kenyamanan pekerja, dan meningkatkan efisiensi kerja dengan menciptakan lingkungan yang aman dan sehat. Selain itu, studi oleh Santoso & Widodo (2023) di sektor migas menunjukkan bahwa penggunaan alat bantu ergonomis dalam pengoperasian valve dapat mengurangi gaya torsi hingga 50% yang berdampak pada berkurangnya keluhan pekerja terhadap nyeri otot dan sendi. Hal ini memperkuat temuan bahwa Universal F-Key memiliki dampak positif terhadap kesehatan pekerja dan efisiensi kerja.

Berdasarkan observasi yang dilakukan di PT. XYZ sebelum implementasi Universal F-Key banyak pekerja mengeluhkan rasa sakit di pergelangan tangan dan bahu akibat tekanan berlebih saat memutar valve secara manual. Beberapa pekerja bahkan mengalami kelelahan otot dan kesulitan dalam menyelesaikan pekerjaan dalam waktu yang efisien. Setelah alat ini diterapkan, pekerja melaporkan peningkatan kenyamanan kerja dan pengurangan keluhan nyeri otot.

Dari hasil evaluasi menggunakan metode RULA, dapat disimpulkan bahwa penggunaan Universal F-Key dalam operasional gate valve memberikan dampak positif terhadap produktivitas pekerja dan pengurangan

risiko cedera. Pengurangan skor RULA dari 7 menjadi 4 membuktikan adanya perbaikan postur kerja dan penurunan risiko gangguan muskuloskeletal.

Dengan demikian, Universal F-Key direkomendasikan untuk diimplementasikan secara luas di PT. XYZ guna menciptakan lingkungan kerja yang lebih aman, sehat, dan produktif. Studi ini juga menunjukkan bahwa intervensi ergonomis yang berbasis teknologi dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan keselamatan kerja dan efisiensi operasional. Berdasarkan skor RULA sebelum dan sesudah penggunaan Universal F-Key, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat ini memberikan dampak signifikan terhadap perbaikan postur kerja operator. Hasil ini secara langsung menjawab rumusan masalah ketiga serta mendukung tujuan ketiga dari penelitian



BAB V

PENUTUP

5.1.Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian Perancangan Universal F-Key Dalam Proses Operasional Gate valve Untuk Menunjang Produktivitas Bekerja Studi Kasus PT. XYZ, dapat disimpulkan bahwa:

1. Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi pembuatan Universal F-Key dalam operasional gate valve di PT. XYZ menunjukkan bahwa alat ini sangat diperlukan untuk mengatasi permasalahan eksisting yang ada pada sistem manual sebelumnya. Desain Universal F-Key yang dikembangkan memiliki beberapa keunggulan utama, antara lain fleksibilitas untuk berbagai ukuran gate valve (2" hingga 18"), desain ergonomis yang mengurangi beban fisik pekerja, penggunaan material stainless steel 304 untuk ketahanan terhadap korosi dan lingkungan kerja ekstrem, serta mekanisme *F-Key* yang stabil dengan sistem pengunci otomatis.
2. Perancangan enam model *F-Key* untuk Universal F-Key di PT. XYZ berhasil meningkatkan stabilitas dan keamanan operasional gate valve, meningkatkan efisiensi pemasangan, dan mengurangi beban kerja operator melalui desain ergonomis. Penerapan prinsip ergonomi dalam perancangan alat kerja efektif dalam meningkatkan kinerja sistem dan kesejahteraan operator.
3. Penggunaan Universal F-Key dalam operasional gate valve memberikan dampak positif terhadap produktivitas pekerja dan pengurangan risiko cedera. Pengurangan skor RULA dari 7 menjadi 4 mengindikasikan bahwa risiko cedera berkurang sebesar 42% setelah penggunaan Universal F-Key.

5.2.Saran

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Disarankan untuk mengembangkan sistem penguncian otomatis berbasis mekanik atau elektronik guna meningkatkan efisiensi dan meminimalisir kesalahan pemasangan oleh operator.

2. Disarankan untuk meneliti lebih lanjut mengenai penggunaan material alternatif yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan tinggi guna meningkatkan kenyamanan dan portabilitas alat.
3. Studi lanjutan dapat difokuskan pada penyempurnaan aspek ergonomis, seperti bentuk pegangan dan mekanisme penguncian, agar semakin sesuai dengan postur kerja operator.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., & Sugiyanto. (2021). Ergonomic Analysis Using Rapid Upper Limb Assessment (RULA) And Rapid Entire Body Assessment (REBA) Methods On Workers Posture In The Packaging Radiator Sector PT. XYZ Tbk. *HUMANIS (Humanities, Management and Science Proceedings)*, 2(1).
- Al Haramain, M., Effendi, R., & Irianto, F. (2017). Perancangan Sistem Pemadam Kebakaran pada Perkantoran dan Pabrik Label Makanan PT XYZ dengan Luas Bangunan 1125 m². *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 11(2), 129–150.
- Alfaris, A. S., Indrawan, R., & Khumaidi, A. (2023). Penerapan metode Ulrich dalam perancangan konsep desain mesin pengepres kaleng dengan menggunakan lead screw. *Dalam Prosiding Konferensi Nasional Teknik Mesin (hal. 123-130)*.
- Allo, L. L., Widya, R., Melano, R., Wahyudi, M., & Amri. (2024). Pengaruh kepuasan kerja dan produktivitas kerja terhadap kinerja karyawan pada PT Sentral Yamaha Palopo. *EKOMA: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Akuntansi*, 3(5), 10–25.
- American Petroleum Institute. (2023). *Valve inspection and testing (7th ed.)*. API Standard 598.
- Andriani, M., & Subhan. (2016). Perancangan peralatan secara ergonomi untuk meminimalkan kelelahan di pabrik kerupuk. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2016* (pp. 123–130). Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Ardiansyah, R., Widyaningrum, D., & Jufriyanto, M. (2024). Implementasi keselamatan dan kesehatan kerja (K3) pada pekerjaan proyek peningkatan fasilitas umum (pembangunan masjid) dengan metode JSA dan HIRARC.

Journal of Information Technology and Computer Science (INTECOMS), 7(4), 10–25.

Bai, Y., & Bai, Q. (2022). *Subsea engineering handbook (3rd ed.)*. Gulf Professional Publishing.

Brown, R., & Evans, R. (2012). *Managing organizational change: A multiple perspectives approach*. Routledge.

Brown, R., & White, L. (2019). *Economic analysis in engineering: Decision making for complex projects*. *Engineering Economics*, 54(1), 75-92.

Cahyani, O. D., Iftadi, I., & Rochman, T. (2021). Perancangan alat bantu kerja untuk mengurangi risiko postur kerja pada stasiun quality control. *Teknoin*, 27(1), 35-46.

Cross, N. (2008). *Engineering design methods: Strategies for product design (4th ed.)*. John Wiley & Sons.

Devold, H. (2023). *Oil and gas production handbook: An introduction to oil and gas production, transport, refining and petrochemical industry*. ABB Oil and Gas.

Elmardi, O. M. E., & Nafea, N. M. M. (2021). A review study of economics analysis in engineering projects. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 6(4), 1–9.

Fauzi, R., Zainy, A., Nasution, H. N., Hastini, F., & Simanjuntak, F. A. (2023). Perancangan aplikasi pariwisata berbasis Android di Kota Padang Sidempuan. *Jurnal Education and Development Institut Pendidikan Tapanuli Selatan*, 11(1), 437–442.

Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution*. HarperBusiness.

- Hartanto, D., Siahaan, R., & Suprpto. (2018). Pengaruh pengetahuan keselamatan dan kesehatan kerja terhadap perilaku pekerja konstruksi pada proyek jalan tol Bogor Ringroad Seksi IIB. In *Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2018*.
- International Association of Oil & Gas Producers. (2024). *Safety performance indicators – 2023 data*. Report No. 2024.
- International Energy Agency. (2024). *Oil 2024: Analysis and forecast to 2029*. IEA Publications.
- Johnson, A., & Cohen, P. (2018). Ergonomics and human factors in engineering design. *Ergonomics Journal*, 61(4), 500–515.
- Johnson, M. (2023). CNC machining for high precision manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
- Jones, A., Roberts, B., & Clark, C. (2021). Project Review and Control in Manufacturing. *Journal of Project Management*, 35(4), 450–470.
- Khayal, O. M. E. S. (2019). *Human factors and ergonomics*.
- Kusuma, Y. A., & Akbar, R. (2024). Pengembangan Metode RULA Berbasis Image Processing dan Deep Learning untuk Penilaian Risiko Ergonomi Postur Kerja. *CYCLOTRON*, 7(01), 27–36.
- Laksmiana, B. (2021). Rancang Bangun Alat Penanganan Dan Pengendalian Kebakaran Berbasis Arduino Nano Dengan Sistem IoT. *Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi*, 1(1), 1–12.
- Lee, C., Park, J., & Kim, H. (2018). Automatic F-Key System for Industrial Tool Applications. *Journal of Mechanical Engineering*, 40(4), 205–219.
- Lee, J., Park, H., & Kim, S. (2019). Innovative Practices in Project Control: A Study on Lead Time Reduction and Flexibility Improvement. *International Journal of Production Research*, 57(12), 3785–3800.

- Lyons, W. C., & Plisga, G. J. (Eds.). (2023). *Standard handbook of petroleum and natural gas engineering (4th ed.)*. Gulf Professional Publishing.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (2020). Rapid Upper Limb Assessment (RULA): A Survey Method for the Investigation of Work-Related Upper Limb Disorders. *Applied Ergonomics*, 21(2), 91–99.
- Miller, J., & Roberts, H. (2020). Systems thinking in industrial engineering: Principles and applications. *Systems Engineering Journal*, 27(1), 45-60.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to statistical quality control*. Wiley.
- Ningsih, D. H. U. (2005). Computer aided design / computer aided manufactur [CAD/CAM]. *Jurnal Teknologi Informasi DINAMIK*, X(3), 143-149.
- Mufidah, Z., Wiradinata, R., Sabar, S., Hariyanto, D., Pertiwi, K., Madi, M., Naimah, K., Setiawan, R., & Priyonggo, B. (2021). Rancang Bangun Alat Pengangkut Telur Ayam Skala UKM dengan Menggunakan Sistem Peredam dan Pendekatan Aspek Ergonomika. *Journal of Tropical Agricultural Engineering and Biosystems-Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 9(2), 99–111.
- Nowlan, F. S., & Heap, H. F. (2018). *Reliability-centered maintenance*. U.S. Department of Commerce.
- Pahl, G., & Beitz, W. (2018). *Engineering Design: A Systematic Approach*. Springer.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., & Grote, K.-H. (2007). *Engineering design: A systematic approach (3rd ed.)*. Springer.
- PetroWiki. (2024). *Valves in oil and gas production*. Society of Petroleum Engineers.
- Pratiwi, M. (2021). Pengaruh Penggantian Material pada Gate valve terhadap Risiko Kebakaran di Industri. *Jurnal Teknologi Industri*, 14(1), 85–92.

- Purnama, R. (2020). Pengaruh Material Ringan terhadap Keamanan Alat di Industri Manufaktur. *Jurnal Teknik Industri*, 5(2), 58-64.
- Rahman, M. (2022). Ergonomic Intervention in Manufacturing Industry to Reduce Musculoskeletal Disorders. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 28(1), 45–58.
- Rahmawati, A., & Yuliana, D. (2023). Dampak Ergonomi Terhadap Produktivitas dan Kepuasan Pekerja di Industri Manufaktur. *Jurnal Sumber Daya Manusia*, 11(4), 200–208.
- Roser, C., & de Lean, P. (2015). Lean manufacturing in practice: A study of Japanese approaches. *Journal of Manufacturing Systems*, 34, 1-12.
- Santoso, B., & Widodo, P. (2023). The Impact of Ergonomic Hand Tools on Work Performance in Oil and Gas Industry. *Journal of Industrial Ergonomics*, 49(3), 112–125.
- Saputro, A. P., & Suryati, A. (2023). Peran ilmu ergonomi terhadap keselamatan kerja di sebuah perusahaan. *MUFAKAT: Jurnal Ekonomi, Manajemen, Dan Akuntansi*, 2(2).
- Sari, I., & Utami, P. (2022). Ergonomi dalam Penggunaan Alat Berat di Sektor Manufaktur. *Jurnal Ergonomi Indonesia*, 9(3), 102–110.
- Smith, A. M. (2020). *An introduction to reliability and maintainability engineering*. Springer.
- Smith, D., & Thompson, L. (2020). Quality Control and Risk Management in Valve Manufacturing. *Journal of Industrial Engineering*, 29(3), 275–290.
- Smith, G., & Jones, M. (2017). Six sigma methodologies: Applications in manufacturing and service industries. *Quality Management Journal*, 24(2), 30–45.

- Smith, R., & al., et. (2020). Multi-Purpose Valve Key Design for Industrial Use. *Journal of Engineering Innovations*, 28(4), 112–128.
- Stevenson, W. J. (2015). *Operations management*. McGraw-Hill Education.
- Susanti, L. (2015). *Pengantar Ergonomi Industri*. Andalas University Press.
- Suwondo, A. Z. Z., & Widjajati, E. P. (2020). Penerapan Metode Modularity Design Pada Perawatan Mesin Mixer Secara Preventive Di PT XYZ. *Juminten: Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 1(5).
- Taylor, P., & Green, B. (2018). Supply chain management strategies for manufacturing firms. *Journal of Operations Management*, 36(3), 120-135.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2012). *Product design and development* (5th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2016). *Product design and development* (6th ed.). McGraw-Hill Education.
- Ulrich, K. T., & Eppinger, S. D. (2020). *Product Design and Development*. McGraw-Hill Education.
- Williams, D., & Thompson, S. (2016). Total Quality Management practices and their effects on organizational performance. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 33(7), 1-17.
- World Oil. (2024). *Worldwide oil field production survey*. Gulf Publishing Company.
- Yasin, H. Q., Setijogiarto, N. E., & Khoirunnisa, R. (2024). RANCANG BANGUN SCISSOR LIFT TABLE ERGONOMI KAPASITAS 50 KG DI PT X. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, 2, 1800–1809.
- Yasra, R., Putri, N. T., & Rozaq, M. (2021). Perbaikan metode kerja pada proses set up untuk meningkatkan produktivitas machining gate valve di PT. Cameron Systems Batam. *Profisiensi*, 9(1), 60–73.

Yusoff, Y. F., Mohd-Lair, N. A., Tsen, M., & Harman, M. (2020). Case study on designing a comprehensive fire protection system for KY Power Station. *Journal of Physics: Conference Series*.

