



**Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali
Konveyor Wire-Harness Berdasarkan Faktor
Ergonomis**

Tugas Akhir

**Oleh:
Wahyu Julianto (4212001051)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali *Konveyor Wire-Harness* Berdasarkan Faktor Ergonomis " adalah hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri. Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 16 Juli 2025



Wahyu Julianto
NIM: 4212001051

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T)
di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:
Wahyu Julianto (4212001051)

Tanggal Sidang: 16 Juli, 2025



1. Dr. Abdurrahman Dwijotomo,
S.St., M.Sc
NIK:122257



2. Fadli Firdaus, S.Pd., M.Pd
NIK:122271

Disetujui oleh :

1. Diono S.Tr.T., M.Sc
NIK:120243

2. Aditya Gautama Darmoyono, S.T.,
M.T
NIK:117180

[Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali *Konveyor Wire-Harness* Berdasarkan Faktor Ergonomis]

Abstrak

Panel kontrol merupakan komponen penting dalam sistem otomasi industri, termasuk pada sistem konveyor wire-harness, yang menuntut kenyamanan dan keamanan bagi operator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang panel kontrol yang ergonomis dengan mempertimbangkan postur tubuh pengguna dan kinerja sistem kendali secara menyeluruh. Perancangan dilakukan berdasarkan data antropometri pengguna, dengan pengujian meliputi aspek fungsional, kelistrikan, usability, serta evaluasi postur kerja menggunakan metode RULA. Total enam pengujian diterapkan, yaitu : pengujian antropometri untuk menentukan tinggi ideal panel, pengujian fungsional untuk mengecek logika kontrol, pengujian tegangan power supply dan arus output untuk memastikan kestabilan daya, pengujian usability untuk menilai kemudahan penggunaan, serta analisis postur kerja dengan RULA. Hasil menunjukkan tinggi ideal panel kontrol adalah 119.77 cm, dengan tata letak tombol dan indikator yang sesuai dengan jangkauan dan pandangan pengguna. Pengujian fungsional dan kelistrikan menunjukkan sistem bekerja stabil dan responsif. Evaluasi usability terhadap 20 Responden menunjukkan antarmuka panel mudah dipahami dan digunakan. Skor RULA sebesar 2 menunjukkan bahwa desain panel telah memenuhi prinsip ergonomi dan aman bagi pengguna. Dengan demikian panel kontrol yang dirancang dinilai layak untuk digunakan pada sistem kendali konveyor wire-harness, serta mampu meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja.

Kata kunci: Panel Kontrol, Konveyor, Ergonomis, usability, RULA

[Control Panel Design for Wire-Harness Conveyor Control System Based on Ergonomic Factors]

Abstract

The control panel is a crucial component in industrial automation systems, including wire-harness conveyor systems, which require operator comfort and safety. This study aims to design an ergonomic control panel by considering user posture and overall system performance. The design is based on user anthropometric data, with testing covering functional, electrical, usability aspects, and posture evaluation using the RULA method. A total of six tests were conducted: anthropometric testing to determine the ideal panel height, functional testing to verify control logic, power supply voltage and output current testing to ensure power stability, usability testing to assess ease of use, and posture analysis using RULA. The results showed that the ideal control panel height is 119.77 cm, with button and indicator placement adjusted for user reach and line of sight. Functional and electrical tests confirmed that the system operates stably and responsively. Usability evaluation from 20 respondents indicated that the panel interface is easy to understand and operate. The RULA score of 2 suggests that the panel design meets ergonomic principles and is safe for users. Therefore, the designed control panel is considered suitable for use in wire-harness conveyor control systems and can improve both work efficiency and operator safety.

Keywords: Control Panel, Conveyor, Ergonomics, Usability, RULA

Kata Pengantar

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan petunjuk-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali Konveyor Wire-Harness Berdasarkan Faktor Ergonomis” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam.

Penyusunan tugas akhir ini tentunya tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Diono S.Tr.T., M.Sc. dan Bapak Aditya Gautama Darmoyono S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Diono S.Tr.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mekatronika yang telah memberikan izin dan dukungan selama proses pengerjaan.
3. Bapak Dr. Abdurrahman Dwijotomo, S.St., M.Sc dan Bapak Fadli Firdaus, S.Pd., M.Pd, Selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan dukungan yang sangat membantu.
4. Orang tua dan keluarga, atas doa, dukungan moral, serta semangat yang tak henti-hentinya diberikan kepada penulis.
5. Teman-teman dan rekan seperjuangan, yang telah memberikan bantuan, kebersamaan, dan semangat selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan.

Batam, 16 Juli 2025

Penulis

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	Error! Bookmark not defined.
Lembar Pengesahan	Error! Bookmark not defined.
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. <i>Conveyor</i> dan <i>Wire-Harness</i>	5
2.3. Panel Kontrol	6
2.4. Ergonomi dalam perancangan panel kontrol	6
2.5. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)	8
2.6. Antropometri	8
2.7. Stabilitas Tegangan dan Arus pada Sistem Panel Kontrol	9
Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan	11
3.1. Metodologi Penelitian	11
2.1.1. Perancangan Elektrikal	12
2.1.2. Perancangan Mekanikal	15
3.2. Pengujian	20
3.2.1. Pengujian Antropometri	20

3.2.2. Pengujian Fungsional.....	21
3.2.3. Pengujian Tegangan Power Supply.....	21
3.2.4. Pengujian Tegangan dan Arus Output	21
3.2.5. Pengujian Usability	21
3.2.6. Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment)	22
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	23
4.1. Data Hasil Penelitian	23
4.1.1. Pengujian Antropometri	23
4.1.2. Pengujian Fungsional.....	23
4.1.3. Pengujian Tegangan Powersupply.....	25
4.1.4. Pengujian Tegangan Dan Arus Output.....	26
4.1.5. Pengujian Usability	27
4.1.6. Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment)	28
4.2. Pembahasan	29
4.2.1. Pengujian Antropometri	29
4.2.2 Pengujian Fungsional	30
4.2.3 Pengujian Tegangan Pada PowerSupply.....	31
4.2.4 Pengujian Tegangan Dan Arus Output.....	31
4.2.5 Pengujian Usability	32
4.2.6 Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment)	32
4.2.7 Hasil Akhir Panel Kontrol	36
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	37
5.1. Kesimpulan	37
5.2. Saran	38
Daftar Pustaka	39
Biodata	41
Lampiran	42

Daftar Gambar

Gambar 1. Diagram Alur Pembuatan Alat.	9
Gambar 2. Diagram Alur Perancangan Elektrikal	10
Gambar 3. Design Schematic Diagram	11
Gambar 4. Design True Line Diagram	12
Gambar 5. Diagram Alur Perancangan Mekanikal.....	13
Gambar 6. Design 3D Panel Menggunakan Software Catia.....	15
Gambar 7. Design Stand Panel Kontrol.....	16
Gambar 8. Pengujian Usability dan Wawancara Responden	26
Gambar 9. Hasil Pengujian RULA Persentil ke-5	27
Gambar 10. Hasil Pengujian RULA Persentil ke-50	28
Gambar 11. Hasil Pengujian RULA Persentil ke-95	28
Gambar 12. Hasil Akhir Panel Kontrol	29

Daftar Tabel

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Antropometri	18
Tabel 2. Data Hasil Pengujian Fungsional 1	19
Tabel 3. Data Hasil Pengujian Fungsional 2	19
Tabel 4. Data Hasil Pengujian Fungsional 3	19
Tabel 5. Data Hasil Pengujian Fungsional 4	19
Tabel 6. Data Hasil Pengujian Fungsional 5	20
Tabel 7. Data Hasil Pengujian Tegangan <i>PowerSupply</i>	20
Tabel 8. Data Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Output	20
Tabel 9. Data Hasil Pengujian Usability	21
Tabel 10. Data Hasil Pengujian RULA.....	22

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Industri manufaktur modern, khususnya di sektor otomotif dan elektronik, sangat bergantung pada efisiensi dan keandalan sistem perakitan. Salah satu komponen penting dalam sistem kelistrikan kendaraan adalah wire-harness, yaitu rangkaian kabel dan konektor yang berfungsi untuk mentransmisikan daya dan sinyal antar komponen elektronik [1]. Proses perakitan wire-harness membutuhkan ketelitian tinggi dan alur kerja yang sistematis agar kesalahan koneksi dapat diminimalkan dan kualitas produk terjamin.

Untuk mendukung kelancaran proses tersebut, industri umumnya menggunakan sistem conveyor yang dirancang secara khusus untuk membawa dan memosisikan wire-harness dalam proses perakitan dan pengujian. Sistem ini dikenal sebagai conveyor wire-harness, dan berperan dalam memindahkan produk dari satu stasiun ke stasiun berikutnya secara berurutan dan efisien [2].

Keunggulan utama dari conveyor wire-harness adalah kemampuannya dalam meningkatkan efisiensi waktu kerja, meminimalkan aktivitas manual yang berulang, serta memungkinkan penerapan uji otomatis (automated testing) pada wire-harness seperti pengujian konektivitas, kontinuitas, dan ketahanan isolasi kabel [3]. Penggunaan konveyor juga meningkatkan standar keselamatan dan ergonomi karena beban fisik operator dapat dikurangi.

Panel kontrol untuk sistem konveyor wire-harness juga harus memenuhi sejumlah spesifikasi teknis, seperti keberadaan tombol operasi manual (start, stop, emergency), indikator status sistem, kestabilan suplai daya 24VDC untuk sensor dan kontrol, serta kompatibilitas dengan komponen seperti PLC dan inverter. Selain itu, wiring panel harus dirancang secara sistematis sesuai kaidah instalasi listrik, dengan tata letak komponen yang mempertimbangkan jangkauan tangan operator[4].

Namun demikian, desain panel kontrol yang digunakan pada sistem conveyor wire-harness masih sering mengabaikan prinsip-prinsip ergonomi. Tinggi panel, penempatan tombol, dan visibilitas indikator sering kali tidak disesuaikan dengan karakteristik fisik pengguna, sehingga berpotensi menyebabkan kelelahan, kesalahan pengoperasian, dan bahkan kecelakaan kerja [5]. Padahal, perancangan sistem kendali yang ergonomis tidak hanya berpengaruh pada kenyamanan operator, tetapi juga pada kelancaran operasional secara keseluruhan.

Berdasarkan penelitian[5] dapat diketahui bahwa faktor-faktor ergonomis dalam display dan kontrol cenderung kurang diperhatikan. Untuk faktor yang kurang diperhatikan adalah kurangnya keterangan display serta belum adanya label keterangan pada tiap-tiap kontrol. Hal ini menyebabkan kesulitan untuk membaca tampilan informasi dan indikator yang ada pada display dan kontrol. Selain itu terdapat beberapa kondisi yang belum sesuai dengan pedoman

ergonomis display dan kontrol seperti bentuk dan ukuran tuas kontrol, label display dan kontrol belum ada, ukuran label display dan kontrol belum sesuai, serta kurangnya display yang memberikan informasi tentang fungsi kontrol pada lokomotif, dan juga tata letak display dan kontrol yang belum sesuai dengan ergonomi dan anthropometri.

Selain itu, berdasarkan penelitian tugas akhir[6] diketahui bahwa rancang bangun panel kontrol dibuat berdasarkan data dari spesifikasi beban, dianalisa dengan perhitungan nilai beban, arus beban penuh, dan menghitung KHA. Wiring diagram dirancang dengan kaidah sistem kontrol seperti jumlah kontak yang ada, jenis kontak (NO atau NC), penomoran atau tanda socket I/O serta spesifikasi khusus yang dapat dilihat pada *datasheet* masing-masing komponen, dan standar instalasi tenaga listrik yang dapat dirujuk pada PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik).Perancangan *layout* berdasarkan dimensi komponen yang ada pada *datasheet* dan box panel kontrol berdasarkan desain struktur ruangan oven. Pembuatan alat dilakukan setelah seluruh analisa data, perhitungan, dan desain selesai.

Berdasarkan kondisi tersebut, penulis memilih judul **“Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali Konveyor Wire-Harness Berdasarkan Faktor Ergonomis”**. Judul ini diangkat karena isu ergonomi pada panel kontrol masih sering diabaikan, padahal sangat berpengaruh terhadap kenyamanan dan keselamatan kerja operator. Selain itu, topik ini menggabungkan aspek teknis dan ergonomis yang masih jarang dibahas secara mendalam dalam satu kesatuan desain, sehingga penelitian ini dianggap relevan dan layak untuk dikaji lebih lanjut.

1.2. Rumusan Masalah

Dalam Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali *Konveyor Wire-Harness* Berdasarkan Faktor Ergonomis, terdapat beberapa permasalahan yang perlu diselesaikan, antara lain :

1. Bagaimana cara merancang sebuah panel kontrol yang ergonomis sehingga nyaman digunakan oleh operator?
2. Apakah panel kontrol yang dirancang telah berfungsi secara aman dan efektif secara teknis melalui pengujian fungsional serta pengujian tegangan dan arus?
3. Sejauh mana pengguna dapat memahami fungsi tombol dan indikator pada panel kontrol berdasarkan pengujian usability?
4. Bagaimana tingkat kenyamanan dan risiko postur kerja pengguna saat mengoperasikan panel kontrol berdasarkan analisis postur kerja menggunakan metode RULA?

1.3. Tujuan

Tujuan dari Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali *Konveyor Wire-Harness* Berdasarkan Faktor Ergonomis adalah :

1. Merancang sebuah panel kontrol ergonomis, yang diuji dengan pendekatan antropometri untuk memastikan kesesuaian dengan postur tubuh operator.
2. Memastikan panel kontrol berfungsi secara aman dan efektif, melalui pengujian tegangan fungsional dan pengujian kelistrikan (tegangan *powersupply* dan arus output) untuk menjamin keandalan sistem.
3. Menilai tingkat pemahaman pengguna terhadap panel kontrol menggunakan pendekatan usability.
4. Menilai tingkat kenyamanan dan risiko postur kerja pengguna saat mengoperasikan panel kontrol menggunakan metode RULA.

1.4. Manfaat

Manfaat dari Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali *Konveyor Wire-Harness* Berdasarkan Faktor Ergonomis adalah :

1. Memberikan contoh rancangan panel kontrol ergonomis berdasarkan data antropometri, sehingga nyaman digunakan oleh pengguna.
2. Menunjukkan bahwa panel kontrol yang dibuat dapat bekerja secara aman dan lebih efektif secara teknis, berdasarkan hasil pengujian fungsional dan kelistrikan.
3. Memberikan gambaran tentang tingkat pemahaman pengguna terhadap fungsi tombol dan indikator pada panel kontrol, sebagai bahan evaluasi antarmuka.
4. Memberikan informasi mengenai kenyamanan dan risiko postur kerja pengguna saat mengoperasikan panel kontrol, berdasarkan hasil analisis postur kerja menggunakan metode RULA.

1.5. Batasan

Batasan dari penelitian Perancangan Panel Kontrol Pada Sistem Kendali *Konveyor Wire-Harness* Berdasarkan Faktor Ergonomis adalah :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada desain fisik panel kontrol, termasuk tata letak, warna indikator, ukuran tombol dan lampu indikator, serta label penjas pada tiap-tiap indikator yang ada pada panel kontrol.
2. Responden yang terlibat dalam pengujian terbatas adalah operator/pekerja dan Mahasiswa.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini, penulis mengambil beberapa referensi dari para peneliti sebelumnya, kegiatan ini dilakukan sebagai bentuk perbandingan mengenai kelebihan dan kekurangan dari penelitian-penelitian sebelumnya.

Metode Ergonomis telah diterapkan pada dunia industri, namun masih terbatas dalam penerapan yang terpisah-pisah. Berikut adalah beberapa penelitian yang berkaitan dengan penerapan prinsip ergonomi di dunia industri.

Penelitian pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Panji Pranoto, dkk (2024), Penelitian yang berjudul “Analisa Postur Kerja Karyawan Dalam Perakitan Panel Elektronik Menggunakan Metode Rapid Upper Limb Assessment”[7]. Penelitian ini berfokus pada analisa postur kerja karyawan dalam perakitan panel elektronik menggunakan metode RULA untuk mengetahui tingkat risiko kelelahan akibat postur duduk yang tidak ergonomis. Sedangkan dalam tugas akhir ini, penulis tidak hanya menilai aspek postur kerja, tetapi juga merancang panel kontrol pada sistem kendali konveyor wire-harness dengan pendekatan ergonomis, yang mencakup pengaturan posisi tombol, penyesuaian tinggi panel berdasarkan data antropometri, serta pengujian fungsional sistem kendali, sehingga menghasilkan desain ergonomis dan fungsional secara keseluruhan.

Penelitian kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh Junaedi dan Cholisana (2021)[8] memfokuskan pada perancangan visual display informasi di ruang produksi menggunakan pendekatan ergonomi, khususnya dalam hal ukuran huruf, warna, tipografi, serta visual activity untuk meningkatkan awareness terhadap SOP kerja. Penelitian ini berorientasi pada aspek komunikasi visual ergonomis antara sistem dan manusia dalam lingkungan kerja. Berbeda dengan penelitian tersebut, tugas akhir ini menitikberatkan pada perancangan fisik panel kontrol sistem konveyor wire-harness berdasarkan prinsip ergonomi, termasuk penyesuaian tinggi panel, posisi tombol dan indikator, serta pengujian fungsional dan usability secara langsung. Sehingga selain mempertimbangkan komunikasi visual, tugas akhir ini juga menyentuh aspek fisik, fungsional, dan performa sistem kontrol secara menyeluruh sesuai kebutuhan pengguna.

2.2. Conveyor dan Wire-Harness



Gambar 1. Conveyor Wire-Harness

Conveyor merupakan suatu mesin pemindah bahan yang umumnya dipakai dalam industri perakitan maupun industri proses untuk mengangkut bahan produksi setengah jadi maupun hasil produksi dari satu bagian ke bagian yang lain.[9] Fungsi utama konveyor dalam industri adalah sebagai alat transportasi material dalam proses produksi atau distribusi barang secara kontinu dan efisien. Panjang dan ukuran konveyor bervariasi tergantung pada kebutuhan dan jenis aplikasi di industri. Konveyor memiliki berbagai jenis sesuai kebutuhan, seperti konveyor sabuk, konveyor rol, dan konveyor rantai.

Wire-Harness merupakan suatu komponen dikendaraan bermotor yang digunakan untuk menghantarkan aliran listrik. Dalam konteks industri manufaktur, wire-harness digunakan untuk menyederhanakan instalasi kabel dan meningkatkan efisiensi proses perakitan. Kombinasi antara sistem konveyor dan wire-harness bertujuan untuk memindahkan dan menguji kabel secara otomatis, sehingga dibutuhkan panel kontrol yang mampu mengatur proses tersebut secara ergonomis dan efisien.

2.3. Panel Kontrol



Gambar 2. Panel Kontrol

Panel kontrol adalah komponen penting dalam sistem konveyor. Fungsinya adalah untuk mengatur dan mengontrol operasi sistem, termasuk mengatur kecepatan, memulai, menghentikan, dan menangani situasi darurat[6]. Panel kontrol yang dirancang dengan baik dapat memengaruhi efisiensi, keselamatan, dan kenyamanan penggunaannya.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor-faktor ergonomis dalam desain dan kontrol cenderung kurang diperhatikan. Hal ini menyebabkan kesulitan untuk membaca tampilan informasi dan indikator yang ada pada display dan kontrol. Sehingga menyulitkan pengguna dalam proses pengoperasiannya.

2.4. Ergonomi dalam perancangan panel kontrol

Ergonomi adalah ilmu yang menemukan dan mengumpulkan informasi tentang tingkah laku, kemampuan, keterbatasan, dan karakteristik manusia untuk perancangan mesin, peralatan, sistem kerja, dan lingkungan yang produktif, aman, nyaman dan efektif bagi manusia. Ergonomi merupakan suatu cabang ilmu yang sistematis untuk memanfaatkan informasi mengenai sifat manusia, kemampuan manusia dan keterbatasannya untuk merancang suatu sistem kerja yang baik agar tujuan dapat dicapai dengan efektif, aman dan nyaman.[10]

Menurut Dul & Weerdmeester [11], ergonomi dibagi menjadi 3 cabang utama:

1. Ergonomi Fisik, yang berhubungan dengan karakteristik tubuh manusia, seperti postur kerja, beban kerja fisik, dan desain alat.

2. Ergonomi Kognitif, yang mencakup proses mental seperti persepsi, ingatan, pengambilan keputusan, dan interaksi antara manusia dan mesin.
3. Ergonomi Organisasi, yang mencakup pengaturan kerja, kebijakan organisasi, dan komunikasi tim

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Akbar dan Stefanie [12] prinsip-prinsip ergonomis yang perlu diperhatikan dalam mendesain tampilan meliputi :

1. Usability : Desain antarmuka harus sederhana, intuitif, dan mudah dipahami. Setiap komponen harus memiliki fungsi yang jelas untuk meminimalkan kebingungan dan kesalahan pengguna.
2. Warna dan Kontras : Penggunaan warna yang tepat pada tombol, indikator, dan label dapat membantu pengguna dalam mengidentifikasi fungsi dan prioritas dengan cepat.
3. Konsistensi dan Familiaritas : Panel kontrol dirancang berdasarkan pola atau standar umum yang digunakan agar mudah dikenali dan dioperasikan.
4. Umpan balik(*Feedback*) : Setiap aksi pengguna harus memberikan respons visual, suara, atau gerakan sehingga pengguna yakin bahwa sistem merespons perintah dengan benar.

Selain itu, Prinsip ergonomi lainnya yang tidak kalah penting adalah antropometri dan tata letak (layout). Antropometri bertujuan untuk menyesuaikan panel dengan ukuran tubuh pengguna agar nyaman dioperasikan[13]. Dan tata letak yang baik akan menempatkan tombol dalam jangkauan tangan dan pandangan mata operator untuk meningkatkan efisiensi kerja[14].

Penerapan ergonomi yang baik dalam mendesain panel kontrol dapat mengurangi risiko kesalahan dalam penggunaan, meningkatkan kenyamanan operator, dan memastikan keamanan selama pengoperasian

2.5. Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) adalah metode untuk menilai postur, gaya dan gerakan suatu aktivitas kerja yang berkaitan dengan penggunaan anggota tubuh bagian atas (upper limb)[7]. Metode ini menilai postur berdasarkan sudut ekstrem gerakan tubuh, kekuatan otot, dan beban yang ditangani. Hasil penilaian akan menghasilkan skor yang menunjukkan tingkat risiko dan memberikan rekomendasi apakah perlu dilakukan perbaikan terhadap postur kerja tersebut atau tidak.

Penilaian RULA menghasilkan skor akhir dari 1 hingga 7:

- Skor 1-2 : Risiko rendah, tidak perlu perubahan
- Skor 3-4 : Risiko sedang, mungkin perlu penyidikan lebih lanjut
- Skor 5-6 : Risiko tinggi, perlu perubahan segera
- Skor 7 : Risiko sangat tinggi, intervensi harus segera dilakukan.

2.6. Antropometri

Antropometri merupakan ilmu yang mempelajari dimensi tubuh manusia, seperti tinggi badan, panjang lengan, jangkauan tangan, dan ukuran lainnya yang relevan untuk perancangan fasilitas kerja atau produk agar sesuai dengan karakteristik pengguna. Dalam konteks ergonomi, data antropometri digunakan untuk menyesuaikan desain alat atau sistem kerja agar dapat meningkatkan kenyamanan, efisiensi, serta mengurangi risiko cedera bagi operator.[7]

Salah satu penerapan data antropometri dalam desain sistem kerja adalah pada penentuan tinggi ideal panel kontrol, khususnya saat dioperasikan dalam posisi berdiri. Salah satu rumus yang umum digunakan untuk menentukan tinggi optimal pemasangan panel kontrol atau permukaan kerja adalah:

$$\text{Ketinggian Ideal Panel} = \text{Tinggi Siku} + (\text{Tinggi Bahu} - \text{Tinggi Siku}) \times 0.5$$

Rumus ini berasal dari kajian ergonomi oleh Kroemer (2001) serta Sanders & McCormick (1993), yang banyak meneliti hubungan antara desain tempat kerja dan postur tubuh manusia. Penjelasan mengenai rumus tersebut adalah sebagai Berikut :

- *Tinggi Siku (Elbow Height)*
Merupakan tinggi dari lantai sampai ke siku seseorang saat berdiri tegak dan lengan menggantung secara alami. Ini adalah tinggi minimum yang direkomendasikan untuk mengoperasikan perangkat kerja dengan posisi tangan yang netral.
- *Tinggi Bahu (Shoulder Height)*
Tinggi dari lantai sampai ke bahu seseorang saat berdiri tegak. Bahu adalah batas atas kenyamanan kerja tangan dalam posisi terangkat.

- (Tinggi Bahu – Tinggi Siku) X 0.5
Artinya, posisi ideal panel kontrol sebaiknya berada di tengah-tengah antara siku dan bahu, bukan di salah satu titik ekstrem. Koefisien 0.5 berarti titik tengah vertikal antara siku dan bahu, yang merupakan zona kerja ideal untuk menghindari kelelahan otot bahu dan tangan.

Dalam merancang suatu sistem kerja atau perangkat antarmuka seperti panel kontrol, aspek antropometri sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat digunakan secara nyaman oleh mayoritas pengguna. Berdasarkan Tabel Antropometri Standar Indonesia Tahun 2020[15] yang diterbitkan oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, tinggi badan rata-rata pria dewasa Indonesia adalah sekitar 168 cm, sedangkan wanita dewasa sekitar 159 cm.

Oleh karena itu, penggunaan data persentil 5, 50, dan 95 dalam desain panel kontrol bertujuan untuk mengakomodasi variasi tinggi badan dari pengguna yang relatif pendek hingga tinggi. Ini juga sesuai dengan prinsip *inclusive design*, yaitu memastikan produk tetap aman dan nyaman digunakan oleh mayoritas populasi tanpa perlu penyesuaian tambahan.

2.7. Stabilitas Tegangan dan Arus pada Sistem Panel Kontrol

Dalam sistem panel kontrol, kestabilan output berupa tegangan dan arus sangat penting untuk menjamin sistem bekerja dengan baik. Output ini bisa berasal dari power supply unit (PSU) untuk kebutuhan kontrol 24VDC, maupun rti motor atau konveyor.

Menurut Grandjean dan Kroemer[16], aspek ergonomi tidak hanya mencakup kenyamanan posisi kerja, tetapi juga mencakup bagaimana sistem merespons saat digunakan. Jika sistem kelistrikan tidak stabil, maka dapat memengaruhi kenyamanan dan keselamatan operator dalam pengoperasian panel.

Beberapa hal yang menjadi perhatian dalam sistem kelistrikan panel kontrol, antara lain:

- Tegangan Output *Powersupply*
Powersupply harus mampu mempertahankan tegangan output yang stabil meskipun terjadi perubahan beban, untuk memastikan bahwa perangkat seperti indikator lampu, sensor, atau sistem logika (PLC) dapat berfungsi dengan baik. Ketidakstabilan tegangan dapat menyebabkan indikator tidak bekerja secara akurat, menimbulkan kebingungan bagi operator, dan berpotensi menyebabkan kesalahan dalam pengambilan keputusan. Sebagaimana yang dijelaskan dalam kajian oleh Shikdar & Sawaqed (2003)[17] yaitu Informasi visual yang tidak akurat atau terlambat (Misalnya indikator LED yang mati akibat tegangan drop) dapat meningkatkan beban kognitif operator, memperlambat waktu reaksi, dan menurunkan produktivitas serta keselamatan kerja. Hal ini termasuk

dalam aspek ergonomi kognitif, yaitu bagaimana manusia menerima dan memproses informasi dari lingkungan kerjanya. Menurut IEC 61131-2[18]. Tegangan DC untuk sistem kontrol seperti PLC harus berada dalam toleransi $\pm 10\%$ dari tegangan nominal, dan gangguan tegangan (*voltage drop*) harus diminimalkan untuk menjaga kestabilan fungsi sistem kontrol.

- Distribusi Arus dan Tegangan Tiga Fasa

Dalam sistem tiga fasa, tegangan antar fasa dan fasa ke netral harus seimbang untuk menjaga performa dan umur komponen listrik, khususnya motor induksi. Ketidakseimbangan tegangan (*voltage unbalance*) dapat menyebabkan arus tidak seimbang, mengakibatkan panas berlebih pada salah satu fasa, keausan dini pada motor, serta munculnya getaran mekanis dan suara berisik. Kondisi ini tidak hanya menurunkan efisiensi kerja sistem, tetapi juga berpotensi menjadi sumber gangguan ergonomi fisik dan psikologis, seperti stres operator akibat suara bising, hingga meningkatnya risiko kecelakaan kerja karena gangguan konsentrasi. Selain itu, WHO (*World Health Organization*) menyebutkan bahwa suara bising di tempat kerja di atas 85 dB dapat memengaruhi konsentrasi dan meningkatkan stres, terutama jika bersifat mendadak dan tidak stabil, sebagaimana bisa terjadi akibat ketidakseimbangan motor listrik[19].

Menurut IEEE Std 141-1993 (*Red book*)[220], Ketidakseimbangan tegangan antar fasa maksimal 1%-2%. Sedangkan untuk ketidakseimbangan arus harus $\leq 10\%$ dan idealnya dibawah 5% untuk sistem motor dan panel distribusi yang andal.

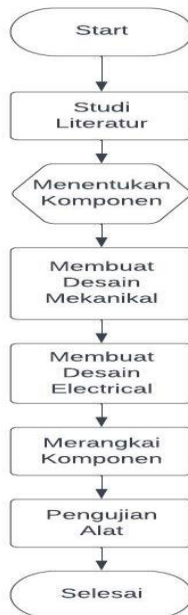
sistem kelistrikan mesin harus diuji untuk memastikan keandalan, keamanan, dan kestabilan operasional. Hal ini sejalan dengan prinsip ergonomi fungsional, yaitu menjadikan sistem lebih mudah digunakan dan tidak membebani penggunaanya, baik secara fisik maupun mental.

Dengan memahami pentingnya kestabilan tegangan dan arus dalam sistem kontrol, maka rancangan panel yang baik harus memperhatikan aspek kelistrikan sebagai bagian dari pendekatan ergonomi secara menyeluruh.

Bab 3. Metodologi Penelitian / Metode Pelaksanaan

3.1. Metodologi Penelitian

Dalam penelitian perancangan ini mempunyai beberapa metode dan tahapan agar hasil yang diperoleh sesuai dengan rancangan dan spesifikasi yang diinginkan. Langkah pertama dalam penelitian ini dimulai dengan perancangan alat terlebih dahulu, kemudian membuat rancangan atau desain alat dan desain elektrikal, kemudian melakukan proses perakitan komponen dan dilanjutkan dengan pengujian.



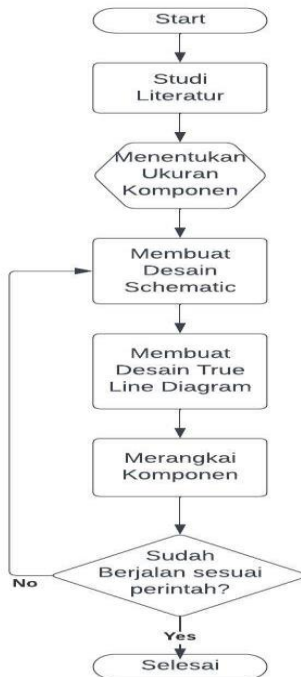
Gambar 1. Diagram Alir Pembuatan Alat

Perancangan pembuatan proyek ini dimulai dengan melakukan studi literatur, studi literatur ini diperlukan untuk menambah wawasan serta pengetahuan mengenai proyek yang akan dikerjakan. Setelah itu, proses yang perlu dilakukan

adalah menentukan komponen yang akan digunakan. Kemudian membuat desain layout dari panel kontrol. Mulai dari layout bagian dalam panel, serta bagian pintu panel. Proses pembuatan layout ini sangat berguna untuk menentukan ukuran panel yang akan digunakan. Kemudian, proses yang perlu dilakukan adalah membuat rangkaian *schematic diagram* dan *true line wiring diagram*.

Setelah desain electrical dan layout telah selesai dikerjakan, maka proses selanjutnya adalah melakukan proses perakitan pada panel. Mulai dari melakukan pelubangan pada pintu panel, pemasangan komponen, serta merangkai kabel sesuai dengan *schematic* dan layout yang telah dibuat sebelumnya dengan memerhatikan faktor Kesehatan dan keselamatan kerja dan faktor ergonomis yang ada pada panel kontrol.

2.1.1. Perancangan Elektrikal



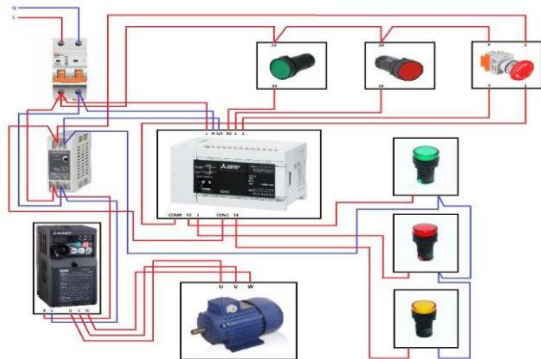
Gambar 2. Diagram Alur Perancangan Elektrikal

Perancangan elektrikal terdapat beberapa proses yang perlu dilewati. Pada proses pertama, diperlukan studi literatur terlebih dahulu. Studi literatur sangat

diperlukan karena studi literatur bertujuan untuk menambah wawasan serta pengetahuan sebelum melakukan project. Setelah itu, proyek dilanjutkan dengan menentukan komponen elektrikal yang akan digunakan untuk membuat panel kontrol. Kemudian, setelah selesai menentukan komponen yang akan digunakan. Maka proyek akan dilanjutkan dengan membuat desain schematic. Dengan adanya desain schematic.

Proses selanjutnya adalah membuat true line diagram menggunakan desain schematic yang sudah dibuat sebelumnya. Kemudian proses akan dilanjutkan dengan merangkai komponen sesuai dengan true line diagram dengan tetap memerhatikan prinsip-prinsip K3 dan ergonomi. Jika rangkaian tersebut sudah berjalan dengan sesuai perintah, dan tidak ada trouble, maka perancangan elektrikal dianggap telah selesai. Namun apabila masih ada trouble, maka proses akan diulang pada bagian desain schematic.

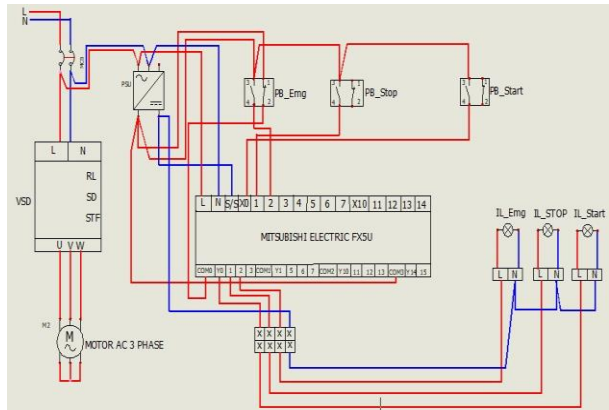
2.1.1.1 Perancangan Design Schematic Diagram



Gambar 3. Design Schematic Diagram

Gambar diatas adalah gambaran dari rangkaian sistem kendali motor 3 fasa berbasis PLC dan Inverter yang digunakan untuk mengatur kecepatan dan arah putaran motor. Rangkaian ini juga dilengkapi dengan berbagai tombol kendali untuk memudahkan pengoperasian sistem. Pada rangkaian ini terdiri dari MCB, PSU, VSD, PLC, Pushbutton, Indikator lamp, dan Motor AC 3 Phase.

2.1.1.2 Perancangan Design True Line Diagram



Gambar 4. Design True Line Diagram

Gambar diatas menunjukkan rangkaian sistem kendali motor tiga fasa menggunakan pushbutton, PLC, MCB, VSD, serta beberapa lampu indikator dan powersupply. Dilengkapi dengan alamat lengkap tiap-tiap komponen pada panel kontrol tersebut. Design ini bertujuan untuk menampilkan koneksi aktual dari tiap-tiap komponen seperti jalur kabel dan alamat dari tiap-tiap wiring.

2.1.1.3 Perancangan Panel Kontrol



Gambar 5. Hasil Perancangan Elektrikal Panel Kontrol

Diatas adalah gambar hasil perancangan dari panel kontrol yang telah dibuat. Panel tersebut terdiri dari beberapa komponen utama antara lain, MCB, Inverter, Motor AC 3 fasa. Masing-masing komponen dipilih berdasarkan kebutuhan sistem dan pertimbangan aspek keamanan, fungsionalitas, serta ergonomi.

1. MCB
MCB yang digunakan merupakan MCB 3 Phase 2 Pole. MCB ini umumnya digunakan pada sistem 220-240 V AC. Fungsinya adalah untuk melindungi sirkuit dari arus lebih (Overcurrent) dan hubungan pendek (Short Circuit).
2. Powersupply
Powersupply yang digunakan pada perancangan panel kontrol ini adalah PSU 24VDC. Powersupply ini digunakan untuk memberikan suplai daya ke PLC dan komponen

kontrol lainnya seperti tombol-tombol pushbutton dan lampu indikator.

3. VSD Inverter

Inverter yang digunakan adalah inverter dari Mitsubishi Electric dengan tipe D700. Inverter ini sendiri berfungsi untuk menerima sinyal kendali dari PLC dan mengatur suplai tegangan 3 fasa ke motor. Selain itu, fungsi utama dari inverter ini adalah mengatur kecepatan dan arah putaran motor.

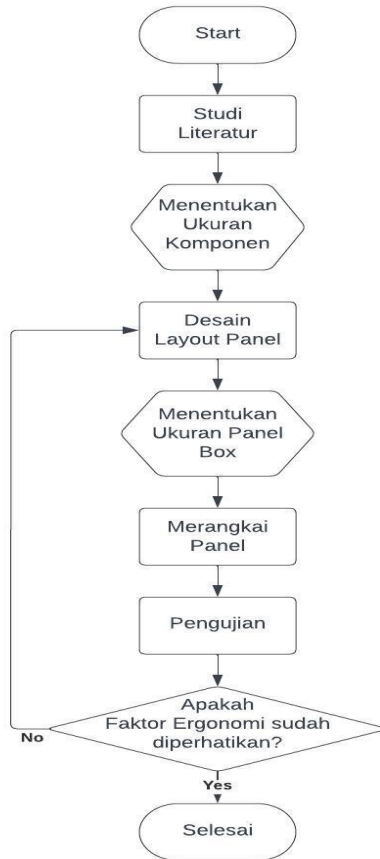
4. Programmable Logic Controller (PLC)

PLC yang digunakan pada panel adalah PLC dari Mitsubishi Electric dengan tipe FX5U. Fungsinya adalah untuk menerima sinyal input dari tombol-tombol dan memberikan sinyal output ke inverter dan lampu indikator.

5. Motor Induksi 3 fasa

Motor yang digunakan adalah motor induksi 3 fasa. Motor ini merupakan beban utama dalam sistem dan digerakkan sesuai instruksi dari PLC dan Inverter. Motor yang digunakan adalah motor dengan dengan frekuensi minimal 50Hz, tegangan kerja 380 V AC, dan daya 0.5 HP atau 370 Watt. Namun, pada pengujian ini menggunakan frekuensi 30Hz sehingga kecepatan motor menjadi sekitar 60% dari kecepatan nominalnya. Frekuensi 30 Hz ini cocok digunakan pada tahap pengujian atau saat diperlukan pergerakan conveyor yang lebih lambat untuk observasi ergonomis. Selain itu, penggunaan frekuensi yang lebih rendah seperti 30 Hz memungkinkan sistem diuji dengan kecepatan rendah sehingga meminimalkan risiko terhadap perangkat dan operator.

2.1.2. Perancangan Mekanikal



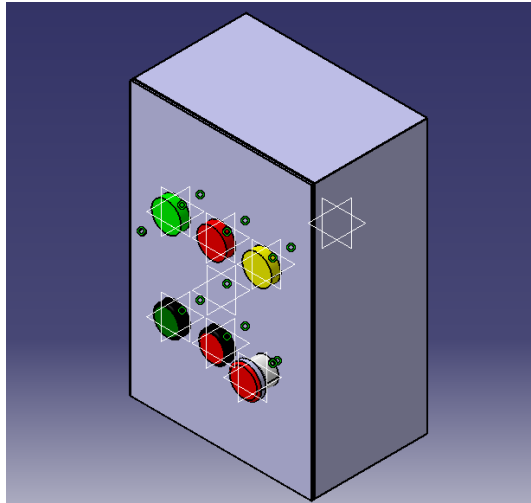
Gambar 5. Diagram Alur Perancangan Mekanikal

Perancangan Mekanikal dilakukan melalui beberapa proses. Untuk proses pertama adalah melakukan studi literatur. Studi literatur ini digunakan untuk menambah wawasan serta pengetahuan dari proses mekanikal pada proyek ini. Kemudian, dilanjutkan dengan menentukan ukuran komponen. Menentukan ukuran komponen dilakukan untuk mengetahui ukuran dari komponen, agar mempermudah proses desain *layout*. Sehingga ukuran yang ada pada desain *layout* sesuai dengan ukuran nyata dari komponen. Kemudian, diperlukan desain *layout*. Desain *layout* digunakan untuk menentukan bagaimana letak dari setiap

komponen yang digunakan. Mulai dari komponen yang dipasang pada bagian pintu panel, hingga bagian dalam panel.

Proses kemudian dilanjutkan dengan menentukan ukuran panel box. Panel box sendiri haruslah memiliki ukuran yang pas, tidak boleh terlalu kecil agar penataan kabel dan pemasangan komponen menjadi lebih mudah. Setelah itu, Komponen sudah dapat dirangkai. Proses perangkaian komponen harus tetap memerhatikan faktor ergonomis serta prinsip Kesehatan dan keselamatan kerja. Setelah dinilai sudah ergonomis, maka proses mekanikal sudah selesai dikerjakan.

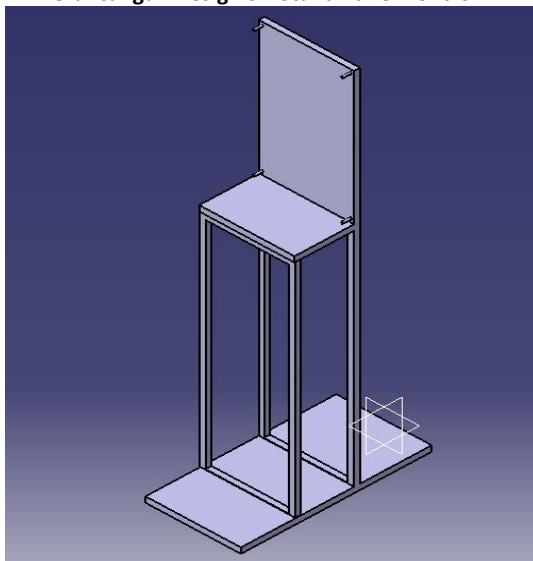
3.1.2.1 Perancangan Design 3D Panel Kontrol



Gambar 6. Design Panel Kontrol Menggunakan Software Catia

Design panel kontrol ini dirancang dengan tombol panel berada di tengah panel dan lampu indikator diletakkan di bagian atas panel. Tombol tersebut diletakkan ditengah-tengah panel dengan jarak yang cukup antara kedua tombol agar meminimalisir kesalahan penggunaan serta memudahkan pengguna menekan tombol emergency saat ada keadaan darurat. Lampu Indikator yang berada di bagian atas panel bertujuan agar pengguna dapat dengan mudah melihat indikator saat panel tersebut digunakan.

3.1.2.2 Perancangan Design 3D Stand Panel Kontrol



Gambar 7. Design Stand Panel Kontrol Menggunakan Software Catia

Stand panel kontrol perlu didesign dalam perancangan panel kontrol yang akan digunakan. Dikarenakan panelnya merupakan panel dengan tipe konvensional dan digunakan langsung oleh operator dengan cara berdiri, maka ketinggian dari stand panel perlu lebih diperhatikan. Stand panel didesign harus berdasarkan data antropometri tubuh manusia untuk mendapatkan lingkungan kerja yang lebih sehat dan efisien.

3.2. Pengujian

Terdapat 6 pengujian dengan tujuan yang berbeda pada Tugas Akhir ini. Diantaranya adalah Pengujian Antropometri, Pengujian Fungsional, Pengujian Tegangan dan Power Supply, Pengujian Tegangan dan Arus Output, Serta Pengujian Usability, dan Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment).

3.2.1. Pengujian Antropometri

Pengujian ini bertujuan untuk menghitung tinggi ideal dari panel kontrol agar penggunaannya tidak memberikan kelelahan fisik dan stress pada pengguna. Pengujian ini membutuhkan data tubuh pengguna yang dapat diakses melalui Antropometri Indonesia. [Data tinggi badan yang digunakan dalam perancangan panel kontrol ini mengacu pada data Antropometri Indonesia 2020, dengan tinggi badan rata-rata pria dewasa Indonesia sebesar 168 cm dan wanita sebesar 159](#)

cm. Oleh karena itu, pengujian dilakukan menggunakan nilai persentil 5 (pendek), persentil 50 (rata-rata), dan persentil 95 (tinggi) untuk menjangkau mayoritas populasi pengguna, dan menjamin panel tetap nyaman digunakan oleh pengguna dengan variasi tinggi badan yang signifikan.

3.2.2. Pengujian Fungsional

Pengujian ini bertujuan untuk mengonfirmasi bahwa masukan (input) berupa tombol yang ditekan memberikan keluaran (output) berupa lampu indikator yang sesuai, untuk memastikan logika rangkaian dan pemrograman dari PLC berjalan dengan benar. Selain itu pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa tombol serta panel kontrol beroperasi dengan baik.

3.2.3. Pengujian Tegangan Power Supply

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui stabilitas tegangan output dari sistem listrik saat tidak ada beban dan ada beban. Pengujian ini juga dilakukan agar memastikan bahwa perangkat seperti motor tidak terganggu karena tegangan drop saat beroperasi. Tegangan yang stabil penting karena tidak hanya untuk memastikan kinerja sistem, tetapi juga dari sisi ergonomi yaitu : Tegangan yang tidak stabil dapat menyebabkan lampu indikator berkedip tidak semestinya, informasi visual menjadi ambigu, dan operator menjadi bingung atau ragu saat mengambil keputusan, sehingga menambah beban kognitif dan potensi kesalahan kerja. Oleh karena itu, kestabilan ini merupakan bagian dari ergonomi kognitif dalam sistem kontrol.

3.2.4. Pengujian Tegangan dan Arus Output

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan output dari tegangan seimbang dari semua fasa, serta menjamin bahwa inverter/VSD berfungsi sesuai pengaturan frekuensi. Ketidakseimbangan tegangan dan arus dapat menyebabkan vibrasi pada motor atau suara yang tidak normal, yang dalam konteks ergonomi termasuk kedalam ergonomi sensorik. Khususnya kenyamanan auditori dan persepsi pengguna terhadap keamanan sistem. Sistem yang bising atau bergetar dapat meningkatkan stress operator serta menurunkan kenyamanan kerja dalam jangka panjang.

3.2.5. Pengujian Usability

Pengujian usability dilakukan untuk menilai sejauh mana panel kontrol yang dirancang dapat digunakan secara efektif, efisien, dan memberikan kenyamanan kepada pengguna. Penilaian usability mencakup tiga aspek utama berdasarkan standar ISO 9241-11, yaitu:

1. **Efektivitas**, yaitu kemampuan pengguna dalam menyelesaikan tugas-tugas yang diberikan, seperti menyalakan dan mematikan sistem, serta mengaktifkan tombol emergency stop.
2. **Efisiensi**, yaitu waktu yang dibutuhkan pengguna dalam menyelesaikan tugas-tugas tersebut.
3. **Kepuasan pengguna**, yaitu tingkat kenyamanan dan kemudahan dalam menggunakan panel berdasarkan persepsi subjektif operator.

Pengujian ini nantinya juga akan membuktikan prinsip-prinsip ergonomi yang akan diperhatikan. Seperti penggunaan warna dan kontras, panel yang telah dirancang harus menggunakan desain antarmuka yang sederhana, intuitif, serta mudah dipahami.

3.2.6. Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Tujuan dari pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment) dalam penelitian ini adalah untuk mengevaluasi tingkat risiko ergonomis yang ditimbulkan oleh postur kerja operator saat berinteraksi dengan panel kontrol yang dirancang. Hasil penilaian ini menjadi dasar dalam menentukan apakah desain panel kontrol telah memenuhi prinsip ergonomi serta memberikan rekomendasi perbaikan apabila ditemukan risiko yang tinggi terhadap postur tubuh pengguna. Pengujian ini menggunakan data dari manikin yang dapat diperoleh menggunakan simulasi dari *software* Catia dengan menggunakan Mode Manusia dari Negara Jepang dikarenakan antropometri dari negara tersebut merupakan yang paling mirip dengan antropometri dari Negara Indonesia.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

4.1.1. Pengujian Antropometri

Pengujian Antropometri adalah pengujian yang dilakukan untuk mengukur ketinggian ideal dari sebuah panel kontrol. Pengujian ini menggunakan persentil ke-5, 50, dan 95. Pada persentil ke-5 mewakili 5% populasi dengan postur tubuh pendek. Persentil ke-50 mewakili populasi dengan postur tubuh rata-rata. Dan Persentil ke-95 mewakili 5% populasi dengan postur tubuh tinggi. Persentil adalah ukuran statistik yang menunjukkan posisi seseorang dalam distribusi data ukuran tubuh suatu populasi. Data antropometri yang digunakan didapat dari Website Antropometriindonesia.org

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Antropometri

NO.	PERSENTIL	Data Yang Diperlukan (Semua data dalam posisi berdiri)			Ketinggian Ideal Panel
		Tinggi Berdiri(Stature)	Tinggi Bahu (Shoulder Height)	Tinggi Siku(Elbow Height)	
1	5th	142.61 cm	123.23 cm	91.25 cm	107.4 cm
2	50th	163.35 cm	136.77 cm	102.77 cm	119.77 cm
3	95th	184.09 cm	150.31 cm	114.3 cm	155.31 cm

Pada tabel diatas, didapatkan data tinggi berdiri, tinggi bahu, dan tinggi siku dari tiap-tiap persentil. Data antropometri tersebut merupakan data antropometri dari semua suku yang ada di Indonesia. Dengan rentang umur antara 18 – 40 tahun, dan mewakili semua jenis kelamin.

4.1.2. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memastikan bahwa panel kontrol yang dirancang mampu menjalankan fungsi-fungsi kendali utama sistem konveyor wire-harness secara optimal dan sesuai dengan tujuan perancangan. Pengujian ini melibatkan pengoperasian panel kontrol secara langsung untuk mengaktifkan dan menonaktifkan motor tiga fasa melalui saklar kendali (push button).

Dalam pengujian ini indikator dan syarat yang menunjukkan bahwa panel bekerja dengan baik adalah

1. Saat tombol "PB_START" ditekan, maka "IL_START" akan menyala atau Bernilai 1. Sedangkan "IL_STOP" dan "IL_EMG" tidak menyala atau bernilai 0.

2. Saat tombol "PB_STOP" ditekan, maka "IL_STOP" akan menyala atau bernilai 1, sedangkan "IL_START" dan "IL_EMG" tidak menyala atau bernilai 0
3. Saat tombol "PB_EMG" ditekan, maka "IL_EMG" akan menyala dan berkedip atau bernilai 1, sedangkan "IL_START" dan "IL_STOP" tidak menyala atau bernilai 0.
4. Saat "PB_EMG" ditekan, maka "PB_START" dan "PB_STOP" tidak akan dapat memberikan dampak apapun saat ditekan kecuali "PB_EMG" direset.

Pengujian 1

Tabel 2. Data Hasil Pengujian Fungsional 1

No.	Tombol Yg Ditekan	INDICATOR LAMP		
		START	STOP	EMG
1	PB_START	1	0	0
2	PB_STOP	0	1	0
3	PB_EMG	0	0	1

Pengujian 2

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Fungsional 2

No.	Tombol Yg Ditekan	INDICATOR LAMP		
		START	STOP	EMG
1	PB_START	1	0	0
2	PB_STOP	0	1	0
3	PB_EMG	0	0	1

Pengujian 3

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Fungsional 3

No.	Tombol Yg Ditekan	INDICATOR LAMP		
		START	STOP	EMG
1	PB_START	1	0	0
2	PB_STOP	0	1	0
3	PB_EMG	0	0	1

Pengujian 4

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Fungsional 4

No.	Tombol Yg Ditekan	INDICATOR LAMP		
		START	STOP	EMG
1	PB_START	1	0	0
2	PB_STOP	0	1	0
3	PB_EMG	0	0	1

Pengujian 5

Tabel 6. Data Hasil Pengujian Fungsional 5

No.	Tombol Yg Ditekan	INDICATOR LAMP		
		START	STOP	EMG
1	PB_START	1	0	0
2	PB_STOP	0	1	0
3	PB_EMG	0	0	1

4.1.3. Pengujian Tegangan Powersupply

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas tegangan dari powersupply. Baik dalam kondisi diberi beban maupun tanpa beban. Tegangan nominal yang digunakan adalah 24 VDC. Pengujian ini penting untuk memastikan bahwa panel kontrol mampu mempertahankan tegangan output yang stabil saat terjadi perubahan kondisi operasional. Selisih tegangan antara kondisi dengan beban maupun tanpa beban dianalisis untuk mengidentifikasi apakah terdapat drop tegangan yang signifikan yang dapat memengaruhi kinerja komponen seperti indikator atau pushbutton yang terhubung ke panel.

Tabel 7. Data Hasil Pengujian Tegangan PowerSupply

NO	PERCOBAAN KE-	PENGUJIAN		SELISIH TEGANGAN
		TANPA BEBAN	DENGAN BEBAN	
1	1	24,02	23,57	0,45
2	2	24,06	23,45	0,61
3	3	24,06	24,00	0,06
4	4	24,05	23,26	0,79
5	5	24,00	23,95	0,05
6	6	24,01	23,93	0,08
7	7	24,02	24,02	0
8	8	24,06	23,90	0,16
9	9	24,00	24,00	0
10	10	24,02	23,68	0,34

Berdasarkan tabel pengujian diatas, diambil 10x percobaan menggunakan multimeter. Pengujian dilakukan sebanyak 2x, yaitu dengan beban dan tanpa beban. Beban yang digunakan adalah beban dari motor AC 3 phase yang di running dengan frekuensi 30Hz.

4.1.4. Pengujian Tegangan Dan Arus Output

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi kestabilan output sistem kelistrikan panel kontrol dalam kondisi operasi pada frekuensi 30 Hz. Pengujian ini meliputi pengukuran arus tiga fasa (R, S, T) serta tegangan antara fasa ke netral dan antar fasa. Pengukuran dilakukan untuk memastikan bahwa panel mampu menghasilkan distribusi daya yang seimbang dan sesuai standar industri, serta mendukung sistem kendali konveyor wire-harness secara aman dan efisien. Hasil dari pengujian ini menjadi tolok ukur performa kelistrikan dari panel yang telah dirancang.

Tabel 8. Data Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Output

Pengujian	Pengujian Output Menggunakan Frekuensi 30 Hz											
	Ampere						Volt					
	R (mA)	R (A)	S (mA)	S (A)	T (Ma)	T (A)	R-N (V)	S-N (V)	T-N (V)	R-S (V)	S-T (V)	T-R (V)
1	398.30	3.98	377.3	3.77	377.3	3.77	146.7	149.8	149.1	124.9	124.7	124.7
2	400.00	4.00	379.1	3.79	379.9	3.80	147.9	149.3	149.6	125.1	125	124.8
3	397.90	3.98	379.9	3.80	378.8	3.79	147.3	148.6	148.8	125.1	124.7	124.9
4	400.30	4.00	376.1	3.76	379.7	3.80	147.6	149.2	148.8	125.1	124.7	124.8
5	392.30	3.92	377.1	3.77	376.3	3.76	148.2	149.4	148.2	125.1	124.9	124.7
6	402.60	4.03	375.1	3.75	376.9	3.77	148.3	149.4	148.8	124.6	129.8	124.7
7	403.20	4.03	375.4	3.75	387.7	3.88	147.4	149.5	149.3	124.9	124.9	124.8
8	401.30	4.01	377.1	3.77	379.8	3.80	148.9	148.9	148.9	124.7	124.9	125.1
9	401.10	4.01	378.1	3.78	373.1	3.73	148.2	148.8	149.6	124.6	124.8	124.7
10	399.60	4.00	374.1	3.74	377.9	3.78	148.8	147.7	148.4	124.9	124.9	124.8

Tabel diatas merupakan hasil pengujian tegangan dan arus output dimana pada tabel tersebut dilakukan pengujian sebanyak 10 kali dan dilakukan dalam kondisi motor sedang running.

4.1.5. Pengujian Usability

Pengujian ini dilakukan untuk menilai tingkat kemudahan penggunaan dari panel kontrol yang telah dirancang. Usability sendiri merupakan aspek penting dalam desain antarmuka pengguna, termasuk pada sistem kendali industri, karena berpengaruh terhadap efektivitas, efisiensi, dan kepuasan pengguna saat berinteraksi dengan sistem. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan wawancara dan observasi secara langsung terhadap 20 orang responden yang mana syarat untuk menjadi respondennya adalah seorang mahasiswa atau operator.

Tabel 9. Data Hasil Pengujian Usability

NO.	NAMA	Dapat menyebutkan fungsi Komponen					
		Push Button			Indicator Lamp		
		START	STOP	EMG	IL_START	IL_STOP	IL_EMG
1	Aidil Bagasta	1	1	1	1	1	1
2	Wahyu Firdaus	1	1	1	1	1	1
3	Wahyu Julianto	1	1	1	1	1	1
4	M. Habib Alfaridzi	1	1	1	1	1	1
5	Rio Winaldi	1	1	1	1	1	1
6	Subagyo	1	1	1	1	1	1
7	Bagus Hari Prabowo	1	1	1	1	1	1
8	Christian Ginting	1	1	1	1	1	1
9	Asyrul Ghani	1	1	1	1	1	1
10	Immanuel K.P	1	1	1	1	1	1
11	AlFikram	1	1	1	1	1	1
12	Fajar Aprilliano	1	1	1	1	1	1
13	Rahmat Akbar	1	1	1	1	1	1
14	Aulia Affandi	1	1	1	1	1	1
15	Iman Dwi Atmaja	1	1	1	1	1	1
16	Farhan Alif	1	1	1	1	1	1
17	Reynaldi	1	1	1	1	1	1
18	Caya Ningrat	1	1	1	1	1	1
19	Hernando Sirait	1	1	1	1	1	1
20	Randisah	1	1	1	1	1	1

Tabel tersebut merupakan hasil dari wawancara terhadap 20 orang responden. Pada awalnya, responden diberikan waktu untuk melihat dan mengamati panel terlebih dahulu. Setelah itu responden diminta untuk menjelaskan tiap-tiap komponen atau indikator yang ada pada panel. Pengujian ini dilakukan untuk mengukur apakah panel kontrol tersebut sudah memenuhi prinsip usability, yaitu desain antarmuka yang sederhana, intuitif, serta mudah dipahami. Dan prinsip konsistensi dan familiaritas yang mana panel tersebut harus didesain dengan pola yang sederhana dan mengikuti standar umum.

4.1.6 Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

Pengujian RULA dilakukan untuk mengevaluasi postur kerja operator saat menggunakan panel kontrol, menggunakan metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment). Rula adalah metode observasi cepat yang digunakan untuk menilai risiko gangguan otot dan rangka (musculoskeletal disorders) pada bagian tubuh atas, seperti leher, punggung, lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengetahui seberapa ergonomis postur kerja operator saat berinteraksi dengan panel kontrol yang telah dirancang, serta mengidentifikasi bagian-bagian tubuh yang mungkin mengalami tekanan atau ketegangan akibat desain panel yang kurang ideal.

Tabel 10. Data Hasil Pengujian Rula

NO	Aktivitas	Bagian Tubuh	PERSENTIL		
			5	50	95
1	MENEKAN PB_START	UpperARM	1	1	2
2		Forearm	2	2	1
3		Wrist	2	2	1
4		WristTwist	1	1	1
5		Neck	1	1	1
6		Trunk	1	1	1
7		Leg	1	1	1
8		SKOR A	2	2	2
9		SKOR B	1	1	1
10		FINAL SCORE	2	2	2
NO	Aktivitas	Bagian Tubuh	PERSENTIL		
			5	50	95
1	MENEKAN PB_EMG	UpperARM	1	1	2
2		Forearm	2	2	1
3		Wrist	2	1	1
4		WristTwist	1	1	1
5		Neck	1	1	1
6		Trunk	1	1	1
7		Leg	1	1	1
8		SKOR A	2	2	2
9		SKOR B	1	1	1
10		FINAL SCORE	2	2	2

NO	Aktivitas	Bagian Tubuh	PERSENTIL		
			5	50	95
1	MENEKAN PB_STOP	UpperARM	1	1	2
2		Forearm	2	2	1
3		Wrist	2	2	1
4		WristTwist	1	1	1
5		Neck	1	1	1
6		Trunk	1	1	1
7		Leg	1	1	1
8		SKOR A	2	2	2
9		SKOR B	1	1	1
10		FINAL SCORE	1	2	2

Data yang ada pada tabel tersebut didapat dari simulasi menggunakan software catia. Dimana pada software tersebut terdapat fitur RULA Analysis yang harus menggunakan manekin untuk mengukur dan menghitung skor RULA tersebut. Manekin yang digunakan adalah manekin yang berasal dari negara Jepang dikarenakan hanya manekin dari negara tersebut yang mewakili postur dari negara-negara asia lainnya. Walaupun manekin tersebut berasal dari negara Jepang, namun untuk pengisian data Antropometrinya mengikuti data dari website Antropometriindonesia.org. Aktivitas yang dilakukan meliputi 3 buah aktivitas yang membuat operator kontak langsung dengan panel kontrol, yaitu pada saat menekan tombol START, STOP, dan Emergency dari panel kontrol tersebut.

4.2. Pembahasan

Berikut adalah pembahasan dari hasil pengujian dari data yang telah didapatkan.

4.2.1. Pengujian Antropometri

Berdasarkan data pada **Tabel 1. Data Hasil Pengujian Antropometri**, dapat diketahui bahwa persentil ke-5 (5th) adalah data pengguna dengan tubuh paling pendek (5% terpendek). Persentil ke-50 (50th) adalah pengguna dengan tinggi tubuh rata-rata. Sedangkan persentil ke-95 (95th) adalah pengguna yang termasuk paling tinggi (5% tertinggi). Berdasarkan data yang sudah kita dapatkan diatas, dapat kita masukkan kedalam rumus :

$$\text{Ketinggian Ideal Panel} = \text{Tinggi Siku} + (\text{Tinggi Bahu} - \text{Tinggi Siku}) \times 0.5$$

Pendekatan ini mempertimbangkan kenyamanan visual dan jangkauan tangan, sebagaimana yang telah dijelaskan oleh Kroemer (2001) dan Sanders & Mc. Cormick (1993). Sehingga didapatkan ketinggian ideal panel di tiap-tiap persentil adalah 107.4 cm untuk persentil ke-5, 119.77 cm untuk persentil ke-50, dan 155.31cm untuk persentil ke-95. Berdasarkan data tersebut, kita dapat mengambil nilai dari persentil ke-50 agar ketinggian panel tersebut tidak terlalu rendah sehingga memengaruhi kinerja persentil ke-95, dan tidak terlalu tinggi sehingga memengaruhi kinerja persentil ke-5. Sehingga dapat disimpulkan bahwa **ketinggian panel kontrol disarankan memiliki ketinggian 119.77 cm dari permukaan tanah**. Dengan adanya pengujian ini, proses pengoperasian panel kontrol akan lebih nyaman dikarenakan tinggi dari panel tersebut telah disesuaikan dengan data antropometri pengguna.

4.2.2 Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk mengetahui apakah sistem panel kontrol bekerja sesuai dengan rancangan logika kontrol yang telah dibuat. Dalam pengujian ini, terdapat tiga tombol utama yang berfungsi untuk mengendalikan sistem, yaitu "PB_START", "PB_STOP", dan "PB_EMG". Setiap tombol dihubungkan dengan lampu indikator yang mewakili status sistem, yaitu "IL_START", "IL_STOP" dan "IL_EMG".

Tombol "PB_START" digunakan untuk mengaktifkan panel kontrol. Saat tombol ini ditekan, maka sistem didalam panel seharusnya berjalan dan "IL_START" akan menyala. Sedangkan "IL_STOP" dan "IL_EMG" akan tetap mati. Hal ini menunjukkan bahwa panel kontrol berhasil running dengan baik dan sesuai dengan logika yang telah ditentukan.

Tombol "PB_STOP" digunakan untuk mematikan sistem secara normal. Saat tombol ini ditekan, maka "IL_STOP" akan menyala. Sedangkan panel kontrol akan berhenti. "IL_START" dan "IL_EMG" akan tetap dalam kondisi mati. Kondisi ini menandakan bahwa proses penghentian sistem secara normal telah berjalan dengan benar.

Tombol "PB_EMG" digunakan untuk mematikan sistem secara keseluruhan dengan cepat apabila terjadi situasi yang membahayakan. Saat tombol ini ditekan, maka "IL_EMG" akan menyala. Menunjukkan sistem telah berhenti dalam keadaan darurat. "IL_START" dan "IL_STOP" tidak menyala, sesuai dengan kondisi sistem yang tidak sedang aktif maupun dimatikan secara biasa. Jika tombol ini ditekan, maka menekan tombol lainnya tidak akan memberikan efek apapun. Dan harus direset terlebih dahulu agar dapat berfungsi seperti semula.

Berdasarkan **Tabel 2, 3, 4, 5, dan 6**, Data pada pengujian tersebut menunjukkan bahwa setiap tombol bekerja secara independen dan memberikan output yang tepat pada lampu indikator. Tidak terdapat kondisi indikator menyala

bersamaan yang tidak seharusnya terjadi. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa fungsi tombol dan indikator panel kontrol telah berjalan sesuai dengan logika perancangan, serta telah memenuhi aspek keamanan dalam sistem kendali.

4.2.3 Pengujian Tegangan Pada PowerSupply

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui stabilitas tegangan output dari Powersupply pada panel kendali, baik dalam kondisi dengan beban maupun tanpa beban. Powersupply yang digunakan memiliki tegangan nominal sebesar 24 VDC, yang merupakan standar umum untuk sistem kendali industri.

Berdasarkan **Tabel 7. Data Hasil Pengujian Tegangan Powersupply**, Hasil pengujian menunjukkan bahwa tegangan output dari powersupply tetap dalam kisaran yang stabil, baik dengan beban maupun tanpa beban. Meskipun terdapat penurunan tegangan saat sistem diberi beban, nilai selisih yang tercatat masih dalam batas toleransi umum sistem kendali industri ([Menurut standar IEC 61131-2, Tegangan DC untuk sistem kontrol seperti PLC harus berada dalam toleransi \$\pm 10\%\$ dari tegangan nominal](#))

- Selisih terbesar yang tercatat yaitu pada percobaan ke-4. Yaitu sebesar 0,79 V, yang masih dapat diterima tetapi perlu diwaspadai jika penggunaan beban bertambah.
- Selisih terkecil adalah 0, yang terjadi pada percobaan ke-7 dan ke-9, yang menunjukkan bahwa powersupply sangat stabil pada kondisi tersebut.
- Rata-rata penurunan tegangan dari seluruh percobaan adalah :
$$x = \frac{0,45+0,61+0,06+0,79+0,05+0,08+0+0,16+0+0,34}{10} = \frac{2,54}{10} = 0,254V$$

Dimana X adalah Rata-rata selisih tegangan. Nilai rata-rata ini menunjukkan bahwa sistem mengalami penurunan tegangan sebesar 0,254 V yang mana ini merupakan penurunan yang masih sangat wajar dan tidak membahayakan sistem.

Berdasarkan hasil dan pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa Powersupply pada panel kontrol memiliki kinerja yang stabil, baik dalam kondisi tanpa beban maupun dengan beban. Penurunan kinerja yang terjadi bersifat minor dan tidak mengganggu sistem secara keseluruhan, sehingga sistem dinyatakan layak dan aman untuk digunakan dalam operasional berkelanjutan.

4.2.4 Pengujian Tegangan Dan Arus Output

Pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi performa sistem kendali panel tiga fasa saat dioperasikan pada frekuensi rendah, yaitu sebesar 30 Hz. Frekuensi rendah sering digunakan pada pengaturan kecepatan motor induksi, seperti pada sistem konveyor untuk perakitan *wire harness*. Fokus dari pengujian ini adalah

kestabilan arus dan tegangan output pada masing-masing fasa (R, S, dan T) guna memastikan sistem bekerja dengan baik dan seimbang.

Data hasil pengujian yang dijelaskan pada **Tabel 8. Data Hasil Pengujian Tegangan dan Arus Output** menunjukkan bahwa nilai arus pada ketiga fasa cukup stabil. Arus pada fasa R berada pada rentang 3,92 A hingga 4,03 A, fasa S pada rentang 3,74 A hingga 3,79 A, dan fasa T berkisar antara 3,73 A hingga 3,88 A. Meskipun terdapat sedikit perbedaan antar fasa, nilai tersebut masih dalam batas toleransi dan tidak menimbulkan ketidakseimbangan yang berbahaya bagi sistem (**Menurut IEEE Std141-1993(Red Book), ketidakseimbangan arus harus $\leq 10\%$ dan idealnya dibawah 5% untuk sistem motor dan panel distribusi yang andal.**

Tegangan antara masing-masing fasa dengan netral (R-N, S-N, T-N) juga menunjukkan hasil yang stabil. Tegangan R-N berkisar antara 146,7 V hingga 148,9 V, S-N antara 147,7 V hingga 149,8 V, dan T-N antara 148,2 V hingga 149,6 V. Perbedaan tegangan ini sangat kecil, menunjukkan bahwa sistem masih bekerja secara seimbang. Umumnya, tegangan nominal fasa diharapkan sekitar 220V, namun disini hanya di kisaran nilai 149 V dikarenakan frekuensinya hanya 30 Hz. Untuk pengujian frekuensi rendah seperti ini, tegangan fasa umumnya akan turun secara proporsional untuk menjaga torsi motor lebih stabil dan mencegah overheating.

Tegangan antar fasa (R-S, S-T, dan T-R) juga berada pada rentang yang stabil, yaitu sekitar 124,6 V hingga 125,1 V. Hanya pada percobaan ke-6, ditemukan tegangan S-T sebesar 129,8 V yang sedikit lebih tinggi dari rata-rata. Namun, selisih ini masih dalam batas aman dan tidak memengaruhi keseluruhan kinerja sistem secara signifikan. (**Menurut IEEE Std 141-1993 (Red book), Ketidakseimbangan tegangan antar fasa maksimal 1%-2%.**)

Secara umum, sistem panel kendali mampu memberikan output arus dan tegangan yang stabil pada frekuensi rendah (30 Hz). Hal ini menunjukkan bahwa sistem layak digunakan untuk aplikasi industri seperti pengontrol konveyor, terutama dalam kondisi pengaturan kecepatan rendah tanpa menyebabkan gangguan pada keseimbangan beban maupun distribusi daya.

4.2.5 Pengujian Usability

Sebanyak 20 responden mengikuti pengujian ini. Setiap peserta diminta untuk menyebutkan fungsi dari masing-masing komponen tersebut. Berdasarkan hasil dari **Tabel 9. Data Hasil pengujian Usability** Dapat diketahui bahwa hasilnya sangat baik, karena semua peserta mampu menyebutkan fungsi dari keenam komponen dengan benar. Artinya, seluruh peserta mendapatkan nilai sempurna dan memiliki pemahaman yang baik terhadap fungsi tombol dan lampu pada panel kontrol.

Tingginya tingkat pemahaman ini menunjukkan bahwa peserta sudah menguasai pengetahuan dasar mengenai panel kontrol, khususnya bagian yang

sering digunakan dalam sistem kendali seperti pada industri atau laboratorium teknik. Mereka sudah memahami bahwa:

- Tombol START digunakan untuk menghidupkan sistem.
- Tombol STOP untuk menghentikan sistem.
- Tombol EMG berfungsi sebagai tombol darurat untuk menghentikan sistem secara cepat saat terjadi kondisi bahaya.
- Lampu indikator IL_START menandakan sistem dalam kondisi aktif.
- IL_STOP menunjukkan sistem dalam keadaan mati.
- IL_EMG memberi tanda jika sistem sedang dalam keadaan darurat.

Secara keseluruhan, pengujian ini membuktikan bahwa seluruh peserta sudah siap untuk melanjutkan ke tahap berikutnya dalam proses belajar atau pelatihan sistem kendali, karena sudah memahami dengan baik fungsi dasar dari komponen-komponen utama panel kontrol.

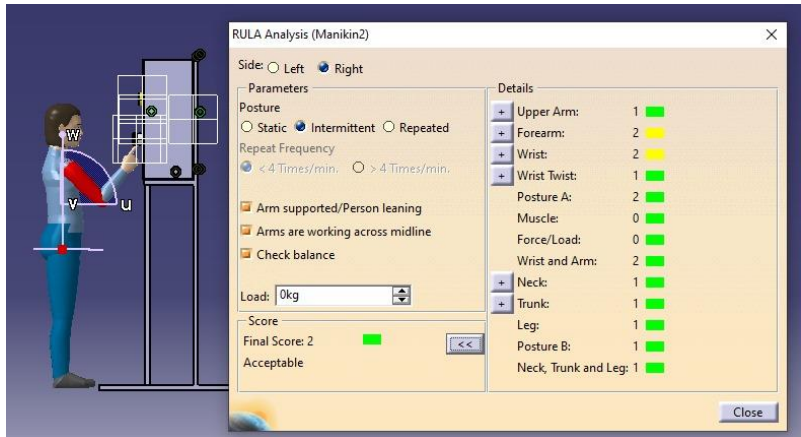


Gambar 8. Pengujian Usability dan Wawancara Responden

4.2.6 Pengujian RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

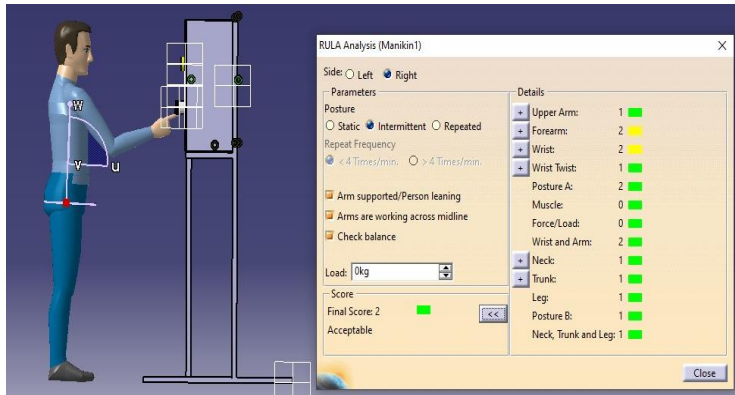
Pengujian RULA yang telah dilakukan menggunakan simulasi menggunakan software Catia bertujuan untuk mengevaluasi tingkat ergonomis dari aktivitas menekan tombol pada panel kontrol yang dirancang. Analisis ini menggunakan tiga buah model manekin digital dalam perangkat lunak simulasi pada software Catia, dengan mempertimbangkan tiga kelompok pengguna berdasarkan persentil data antropometri: Persentil ke-5 (tubuh kecil), persentil ke-50 (tubuh rata-rata), dan persentil ke-95 (tubuh besar). Hasil skor RULA yang diperoleh mencerminkan variasi risiko ergonomi yang dihadapi oleh pengguna dengan dimensi tubuh yang berbeda.

Pada persentil ke-5, skor RULA akhir yang didapat adalah 2. Skor ini menunjukkan bahwa postur kerja berada pada risiko rendah dan aman untuk digunakan serta telah cukup ergonomis berdasarkan hasil analisis dari software Catia.



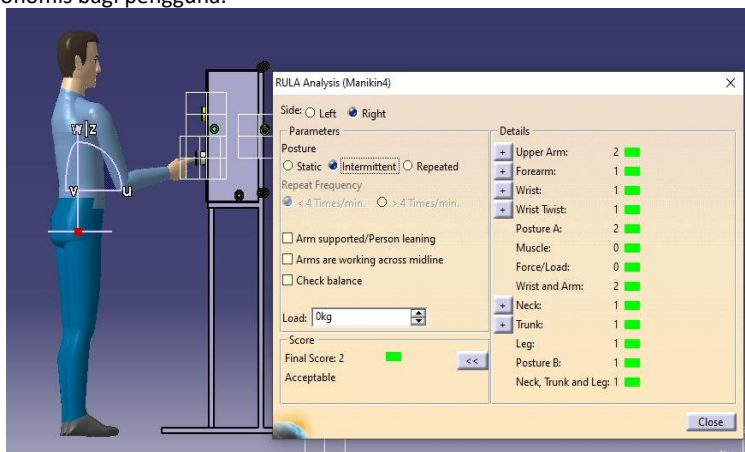
Gambar 9. Hasil Pengujian RULA Persentil ke-5

Pada persentil ke-50, skor RULA akhir yang didapat adalah 2. Skor ini menunjukkan bahwa panel berada dalam kategori aman dan tidak membutuhkan intervensi segera. Hasil ini juga menunjukkan bahwa desain panel telah cukup ergonomis untuk mayoritas pengguna. Semua bagian tubuh yang diamati, seperti lengan atas, bawah, pergelangan tangan, leher, dan batang tubuh menunjukkan skor yang rendah dan berada dalam posisi netral atau mendekati netral pada posisi tersebut.



Gambar 10. Hasil Pengujian RULA Persentil ke-50

Pada persentil ke -95, skor RULA akhir yang didapat adalah 2. Skor ini menunjukkan bahwa postur kerja berada pada risiko aman dan sudah cukup ergonomis bagi pengguna.



Gambar 11. Hasil Pengujian RULA Persentil ke-95

Secara keseluruhan, berdasarkan **Tabel 10. data hasil pengujian RULA**, Hasil pengujian ini telah berhasil menunjukkan bahwa rancangan panel kontrol sudah cukup baik dari segi ergonomis, terutama untuk penggunaan tubuh rata-rata. Dengan demikian, pengujian ini tidak hanya berhasil menjawab tujuan evaluasi ergonomi dari rancangan panel, tetapi juga memberikan arah perbaikan yang jelas untuk menjangkau kenyamanan dan keselamatan yang lebih luas.

4.2.7 Hasil Akhir Panel Kontrol

Panel kontrol yang telah berhasil dirancang dan direalisasikan akan ditampilkan pada gambar berikut. Rancangan ini dibuat berdasarkan prinsip-prinsip ergonomis, data antropometri pengguna, serta kebutuhan fungsional dalam sistem kendali konveyor wire-harness.



Gambar 12. Hasil Akhir Panel Kontrol

Panel menggunakan desain vertikal dengan posisi-posisi tombol yang disesuaikan dengan jangkauan tangan pengguna pada saat berdiri. Tombol Start, Stop, dan Emergency ditempatkan ditengah panel agar lebih mudah diakses. Indikator lamp diletakkan pada bagian atas panel agar mudah terlihat saat sistem beroperasi.

Panel ini telah diuji secara fungsional dan hasilnya menunjukkan bahwa semua komponen dapat berfungsi dengan baik sesuai rancangan. Evaluasi ergonomi melalui metode RULA menyimpulkan bahwa desain panel berada dalam kategori aman dan nyaman untuk digunakan dalam waktu kerja standar.

Seluruh pengujian dan rancangan dalam tugas akhir ini difokuskan untuk mendukung kenyamanan kerja operator, baik dari sisi interaksi fisik (posisi tombol, tinggi panel), kenyamanan visual (lampu indikator yang jelas dan stabil), hingga persepsi pengguna terhadap keamanan dan kemudahan penggunaan sistem (Melalui usability test dan evaluasi RULA).

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian terhadap panel kontrol pada sistem kendali konveyor wire-harness berdasarkan faktor ergonomisnya, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut :

1. Panel kontrol telah berhasil dirancang berdasarkan prinsip-prinsip ergonomis. Dengan memerhatikan faktor antropometri pengguna, usability, kemudahan akses tombol, dan kejelasan indikator visual. Ketinggian ideal panel ditetapkan pada 119.77 cm, berdasarkan rata-rata persentil ke-50 agar dapat digunakan oleh mayoritas operator. Nilai ini direkomendasikan untuk jenis panel kontrol berdiri tipe konvensional yang digunakan langsung oleh operator tanpa kursi. Ketinggian ini tidak berlaku secara mutlak untuk semua jenis panel, terutama yang dioperasikan dalam posisi duduk atau di lingkungan dengan keterbatasan ruang. Oleh karena itu, pemilihan ketinggian ideal panel harus selalu disesuaikan dengan konteks penggunaan dan karakteristik fisik operator. Tombol-tombol yang digunakan juga diletakkan pada bagian tengah panel agar pengguna mudah dalam menggapai setiap tombol yang ada. Selain itu, Lampu Indikator diletakkan di bagian atas panel agar indikator mudah dilihat.
2. Hasil dari pengujian fungsional menunjukkan bahwa sistem telah berjalan dengan baik dan telah sesuai dengan logika kontrol. Setiap tombol start, stop, dan emergency telah berjalan sesuai dengan perintah yang diberikan. Indikator lamp juga telah berfungsi dan memberikan tampilan visual yang sesuai. PowerSupply pada panel juga telah menunjukkan kestabilan tegangan output, baik dalam kondisi tanpa beban maupun dengan beban. Penurunan rata-rata tegangan yang terjadi hanya 0.254 V, masih dalam batas toleransi standar industri dan tidak memengaruhi fungsi sistem secara signifikan. Output tiga fasa pada frekuensi rendah (30 Hz) menunjukkan adanya kestabilan arus dan tegangan antar fasa. Perbedaan antar fasa masih dalam batas aman dan tidak menimbulkan gangguan terhadap keseimbangan daya, sehingga sistem dinilai layak untuk aplikasi konveyor.
3. Hasil pengujian terhadap 20 responden menunjukkan tingkat pemahaman yang tinggi terhadap fungsi tombol dan indikator lampu. Hal ini telah menunjukkan bahwa panel telah memenuhi prinsip-prinsip ergonomi yaitu Usability (Desain antarmuka sederhana, intuitif, dan mudah dipahami), Warna dan Kontras (Penggunaan warna yang tepat pada tombol dan indikator), Konsistensi dan Familiaritas (Panel kontrol telah dirancang berdasarkan pola atau standar umum yang digunakan

agar mudah dikenali dan dioperasikan), serta Umpan balik (Setiap aksi pengguna dapat memberikan respon visual).

4. Pengujian ergonomis menggunakan metode RULA menghasilkan skor 2 pada persentil 5, 50, dan 95. Final skor Ini menunjukkan bahwa desain panel sudah cukup ergonomis untuk pengguna dan nyaman untuk digunakan.

5.2. Saran

Berdasarkan temuan dan keterbatasan dalam penelitian ini, berikut adalah saran yang dapat saya berikan :

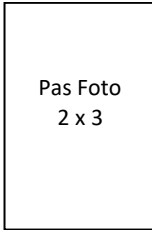
1. Tata letak komponen pada panel kontrol awal dirancang berdasarkan asumsi jangkauan rata-rata, namun setelah pengujian antropometri, diperoleh data bahwa posisi tombol optimal berada pada ketinggian tertentu yang bervariasi tergantung tinggi badan pengguna. Oleh karena itu, disarankan agar desain panel dapat menyesuaikan dengan standar ergonomi berdasarkan kategori tinggi badan.
2. Pengujian Elektrikal awal hanya menilai fungsi sistem secara teknis, namun setelah dianalisis ulang, kestabilan tegangan dan arus juga berpengaruh terhadap kenyamanan sensorik pengguna. Pengujian selanjutnya sebaiknya mencakup kondisi operasional panel dalam waktu lama dan beban bervariasi, untuk melihat pengaruh terhadap suara, getaran, dan respon sistem.
3. Pengujian usability masih terbatas pada simulasi ringan. Untuk pengembangan berikutnya, disarankan dilakukan pengujian dengan lebih banyak responden serta mencatat observasi waktu reaksi dan kesalahan secara terstruktur.
4. Perancangan panel di masa mendatang sebaiknya mempertimbangkan fleksibilitas ketinggian panel atau penggunaan sistem panel yang dapat diatur ulang sesuai tinggi operator, guna meningkatkan inklusivitas ergonomi.
5. Dalam proses perakitan panel kontrol, ditemukan bahwa kabel-kabel dalam panel belum tertata secara optimal. Hal ini dapat berdampak pada aspek perawatan, troubleshooting, dan juga keselamatan kerja dalam jangka panjang. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengaturan ulang tata letak wiring dengan menggunakan klem kabel, rel panel(ducting), dan penomoran kabel yang jelas untuk meningkatkan aspek ergonomi visual dan kemudahan inspeksi.

Daftar Pustaka

- [1] H. J. Kim and J. H. Lee, "Design of Automotive Wire Harness Systems and Applications," *Journal of Electrical Engineering & Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 1201–1208, May 2020.
- [2] D. Wibowo, "Perancangan Konveyor Otomatis untuk Proses Perakitan Wire-Harness pada Industri Otomotif," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 9, no. 1, pp. 45–52, 2022.
- [3] K. Yamashita et al., "Development of Automatic Inspection System for Automotive Wire Harness," *SAE Technical Paper Series*, no. 2021-01-0032, 2021.
- [4] IEC 60204-1, *Safety of Machinery – Electrical Equipment of Machines – Part 1: General Requirements*, International Electrotechnical Commission, 2016.
- [5] Y. Sitio and R. Purwaningsih, "Analisis Ergonomi Kabin Masinis di Lokomotif CC203 Ditinjau dari Aspek Display dan Kontrol," unpublished.
- [6] M. A. C. P. Putra, "Rancang Bangun Panel Kontrol Sistem Manual dan Otomatis Oven Pengereng Listrik Industri 24 kW," Tugas Akhir, Prodi Teknik Elektro, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang, 2022.
- [7] P. Pranyoto, A. E. Nugraha, D. Herwanto, U. Singaperbangsa, and K. Abstract, "Analisa Postur Kerja Karyawan dalam Perakitan Panel Elektronik Menggunakan Metode Rapid Upper Limb Assessment Global," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 2024, no. 5, pp. 688–700. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10544497>
- [8] D. Junaedi dan A. Cholisana, "Perancangan Visual Display Informasi dengan Pendekatan Ergonomi," *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem & Teknik Industri (PASTI)*, vol. XV, no. 2, pp. 137–146, Aug. 2021.
- [9] S. Nugroho Utomo and R. Winarso, "Rancang Bangun Conveyor Mesin Planer Kayu dengan Sistem Penggerak Motor Stepper," *Jurnal CRANKSHAFT*, vol. 2, no. 1, 2019. [Online].
- [10] L. K. Wardani, "Evaluasi Ergonomi dalam Perancangan Desain," *Dimensi Interior*, vol. 1, no. 1, pp. 61–73, Jun. 2003.
- [11] J. Dul and B. Weerdmeester, *Ergonomics for Beginners: A Quick Reference Guide*, 2nd ed. London, UK: Taylor & Francis, 2001.
- [12] A. A. Akbar and A. Stefanie, "Implementasi Human Machine Interface untuk Panel Motor Control Center di PT. Solusi Indosistem Otomat," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 78–86, 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.23917/emitor.v1i1.21095>
- [13] P. Pranyoto, A. E. Nugraha, D. Herwanto, U. Singaperbangsa, and K. Abstract, "Analisa Postur Kerja Karyawan dalam Perakitan Panel Elektronik Menggunakan Metode Rapid Upper Limb Assessment Global," *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 2024, no. 5, pp. 688–700. [Online]. Available: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10544497>

- [14] D. A. Taufik, R. M. Sugengriadi, and K. Maulana, "Perbaikan Kualitas Produksi pada Wiring Harness Assembling untuk Motor Beat (ASSY 3210A-K1A-N101-IN) dengan Menggunakan Metode DMAIC di PT Piranti Indonesia," *unpublished*, vol. 2, no. 1.
- [15] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Tabel Antropometri Standar Indonesia Tahun 2020*, Jakarta: Direktorat Gizi Masyarakat, 2020.
- [16] K. H. E. Kroemer and E. Grandjean, *Fitting the Task to the Human: A Textbook of Occupational Ergonomics*, 5th ed. London, UK: Taylor & Francis, 2009.
- [17] Shikdar, A. A., & Sawaqed, N. M. (2003). *Worker productivity, and occupational health and safety issues in selected industries. Computers & Industrial Engineering*, 45(4), 563–572.
- [18] IEC 61131-2: *Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests*. International Electrotechnical Commission.
- [19] World Health Organization (WHO). (1999). *Guidelines for Community Noise*.
- [20] IEEE Std 141-1993 – *IEEE Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants (Red Book)*

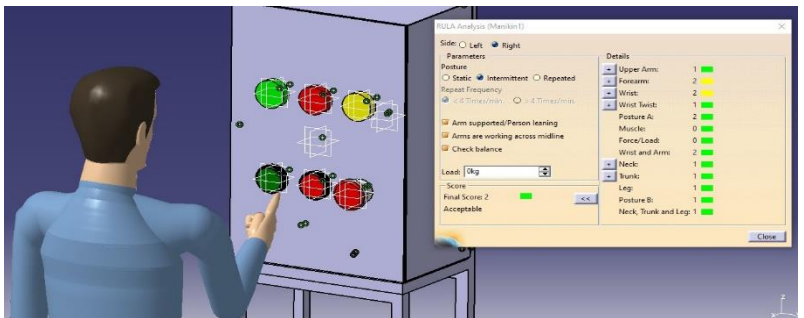
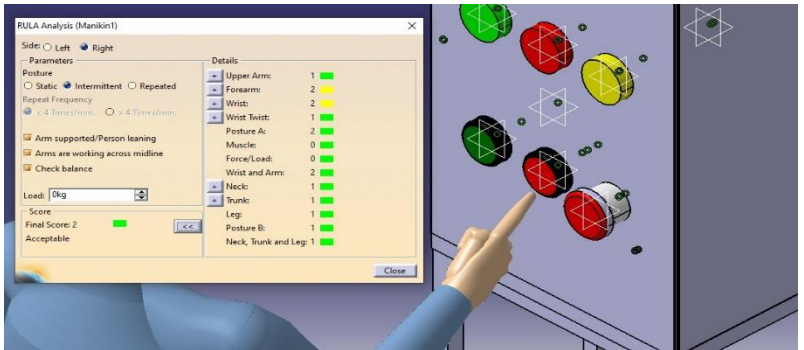
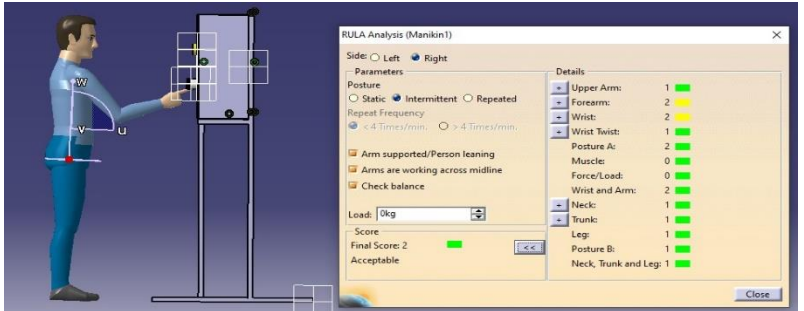
Biodata

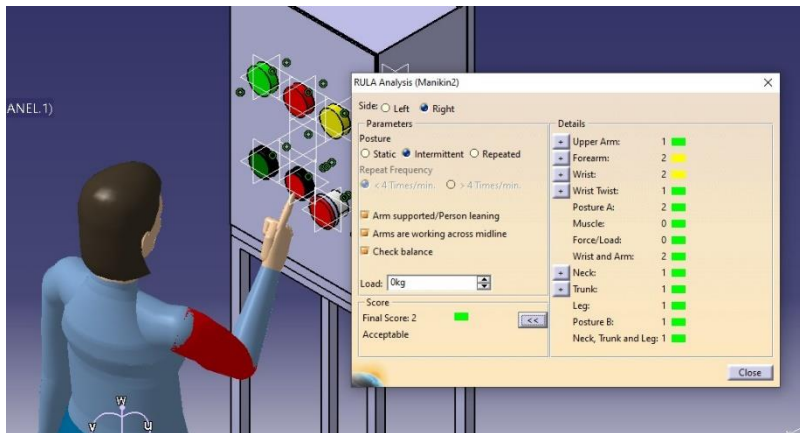
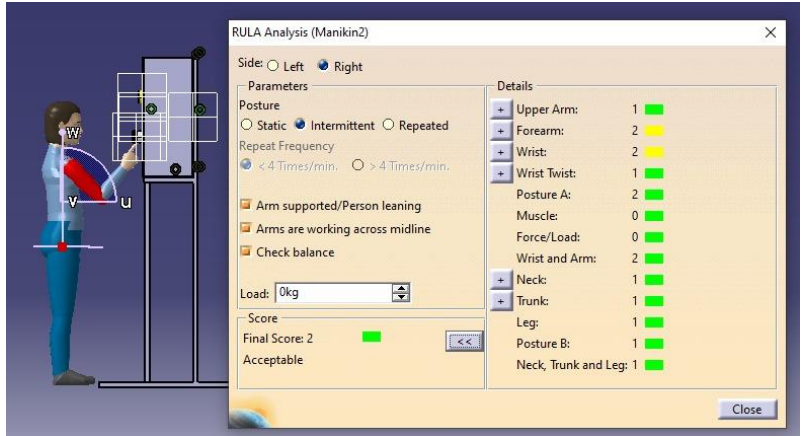


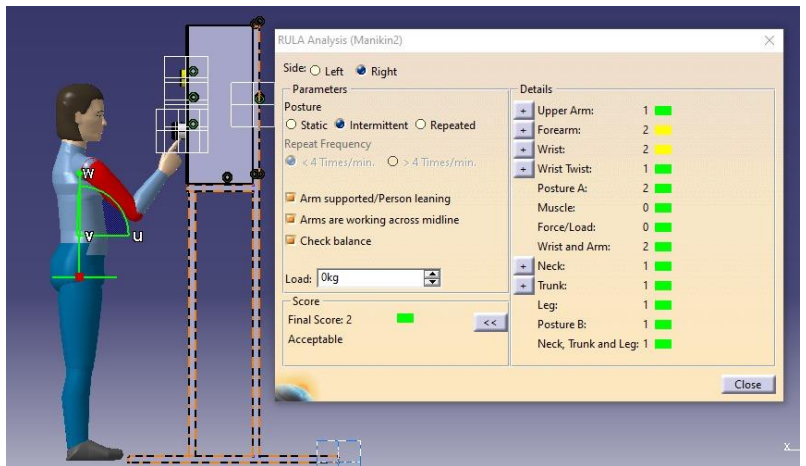
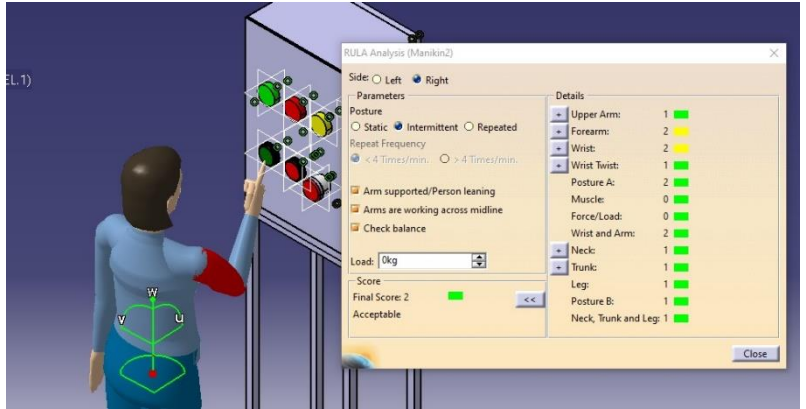
Nama : Wahyu Julianto
TTL : Jambi, 14 Juli 2000
Agama : Islam
Alamat : Jl. GajahMada Tiban Diamond
Email : wahyujulianto140700@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMA NEGERI 4 BATAM
SMP : SMP NEGERI 20 BATAM

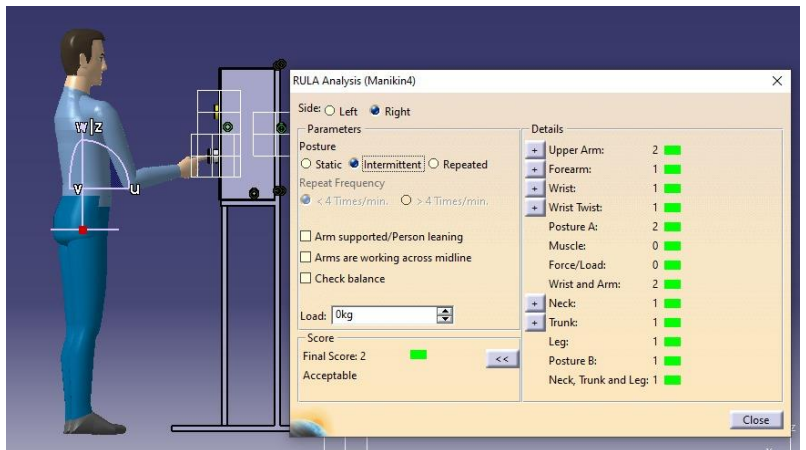
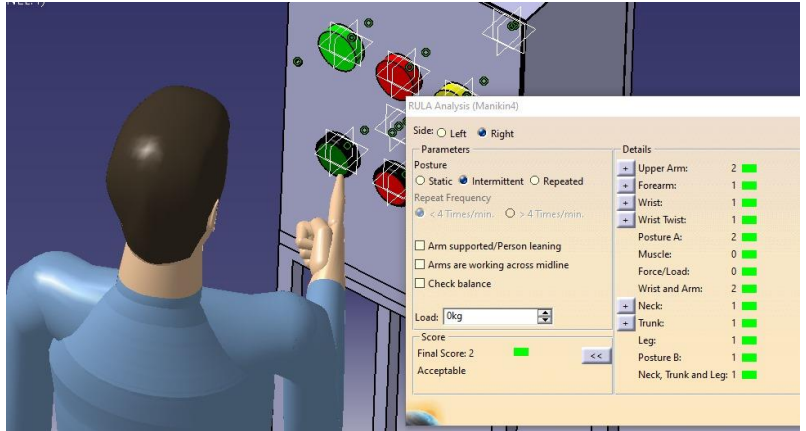
Lampiran

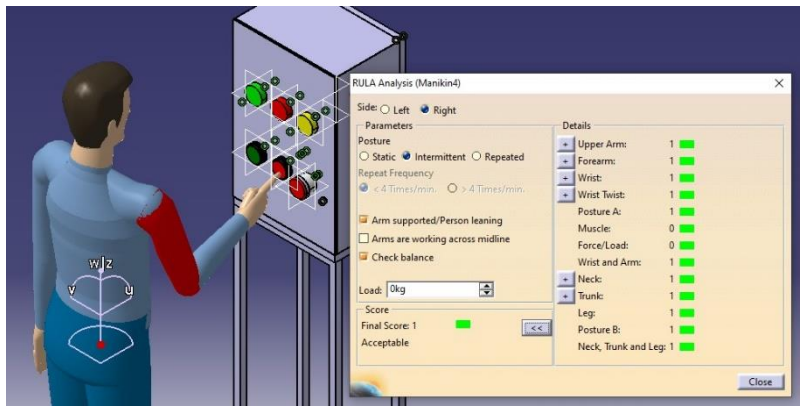
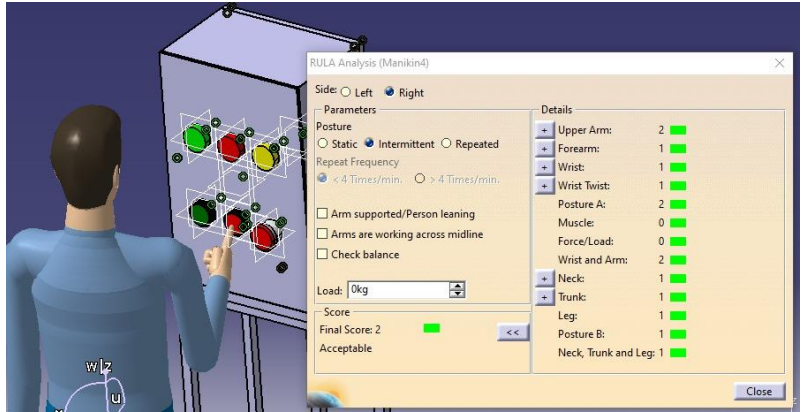
1. BUKTI PENGUJIAN RULA











2. Bukti Pengujian Usability



3. Pengujian Fungsional



4. Pengujian Tegangan PSU





Data Antropometri

Dimensi	Keterangan	5th	50th	95th
D1	Tinggi tubuh	142.97	163.31	183.65
D2	Tinggi mata	138.49	153.32	168.15
D3	Tinggi bahu	123.01	136.64	150.27
D4	Tinggi siku	91.36	102.8	114.23
D5	Tinggi pinggul	85.54	93.92	102.3
D6	Tinggi tulang ruas	62.64	72.04	81.45
D7	Tinggi ujung jari	54.15	66.06	77.97
D8	Tinggi dalam posisi duduk	72.18	83.36	94.55
D9	Tinggi mata dalam posisi duduk	62.33	72.95	83.58

D10	Tinggi bahu dalam posisi duduk	48.9	59.71	70.53
D11	Tinggi siku dalam posisi duduk	16.19	27.83	39.47
D12	Tebal paha	6.43	16.6	26.76
D13	Panjang lutut	44.42	53.23	62.03
D14	Panjang popliteal	32.76	42.05	51.35
D15	Tinggi lutut	43.66	51.41	59.17
D16	Tinggi popliteal	36.21	42.48	48.74
D17	Lebar sisi bahu	32.72	42.07	51.42
D18	Lebar bahu bagian atas	28.29	36.2	44.11

D19	Lebar pinggul	26.28	34.84	43.41
D20	Tebal dada	10.01	20.98	31.95
D21	Tebal perut	11.66	22.16	32.66
D22	Panjang lengan atas	27.67	34.93	42.18
D23	Panjang lengan bawah	30.21	43.4	56.58
D24	Panjang rentang tangan ke depan	54.8	70.39	85.98
D25	Panjang bahu-genggaman tangan ke depan	48.24	59.68	71.13
D26	Panjang kepala	9.77	18.26	26.75

D27	Lebar kepala	12.6	16.56	20.52
D28	Panjang tangan	14.7	18.03	21.37
D29	Lebar tangan	5.28	10.23	15.17
D30	Panjang kaki	19.55	23.95	28.35
D31	Lebar kaki	6.28	9.29	12.3
D32	Panjang rentangan tangan ke samping	131.74	163.63	195.51
D33	Panjang rentangan siku	68.9	85.92	102.93

D34	Tinggi genggam tangan ke atas dalam posisi berdiri	163.89	198.83	233.77
D35	Tinggi genggam ke atas dalam posisi duduk	98.35	122.53	146.71
D36	Panjang genggam tangan ke depan	50.54	68.21	85.87