



Instrumen Akuisisi Data Hasil Monitoring Mesin Welding

Tugas Akhir

**Oleh:
Rico Roenaldo (4212001017)**

**Program Studi Teknik Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2023**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya yang berjudul : "Instrumen Akuisi Data Hasil Monitoring Mesin Welding" 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, 9 Januari 2024



Rico Roenaldo
NIM: 4212001017

Lembar Pengesahan

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

Oleh:
Rico Roenaldo

Tanggal Sidang: Selasa, 2 Januari 2024

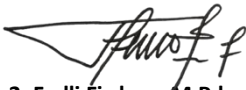
Disetujui oleh :



1. Heru Wijanarko, S.T., M.Sc
NIK: 110070



Dr. Ir. Indra Hardian Mulyadi, M.Eng.
NIK: 117179



2. Fadli Firdaus, M.Pd
NIK: 122271



Susanto, SST, M.Sc
NIK: 109068

[Instrumen Akuisisi Data Hasil Monitoring Mesin Welding]

Abstrak

Tugas akhir ini mempersembahkan implementasi dari sebuah instrumen yang mampu mengambil data *monitoring* suatu mesin las. Instrumen yang diterapkan mampu untuk mengakuisisi data yang diperlukan dari mesin las yang digunakan seperti data pengguna berupa *RFID (Radio Frequency Identification)* dengan frekuensi 13.56 MHz, lama mesin beroperasi menggunakan sensor transduser arus, dan dimana mesin tersebut berada dengan menggunakan *push button* yang terdapat pada instrumen yang disiapkan. Akuisisi data tersebut dilakukan secara *remote*, yang kemudian dikirim hasil perolehan data tersebut kepada suatu platform *database cloud* sebagai visualisasi data sebagai langkah untuk mewujudkan *Industry 4.0* dan *Internet of Things* sebagai pondasi yang dapat memberikan kesimpulan penggunaan mesin secara masif dan aman. Sistem yang telah dirancang memuat *microcontroller* Heltec WiFi LoRa 32 V2 sebagai basis akuisisi data yang juga terkoneksi pada jaringan *wireless* dan sebuah *platform database* yang aman untuk menunjang tampilan data. Sistem ini juga disiapkan untuk mudah diterapkan pada mesin las dan dilengkapi dengan pembacaan secara *real-time* yang mengganti sistem pemantauan konvensional kepada sistem yang lebih modern dan efisien melalui instrumen ini. Sistem ini juga telah dievaluasi lebih lanjut dengan metode *Design of Experiment* dan analisis ANOVA untuk mengoptimalkan akurasi dan fungsionalitas dari instrumen untuk mendapatkan data yang akurat.

Kata kunci: *Internet of Things*, Akuisisi Data, Keamanan.

[Instrument for Data Acquisition of Welding Machine Monitoring Results]

Abstract

This thesis introduces the implementation of an instrument that is capable to acquire the monitoring data of a welding machine. This instrument is able to collect the data that is necessary from the welding machine such as the user in form of RFID (Radio Frequency Identification) with 13.56 Mhz frequency, operational duration of the welding machine using the current transducer, and the location of the welding machine through the buttons that is prepared on the instrument. Those data acquisition is conducted remotely, of which then being sent to the cloud database platform for data visualization as an act of applying Industry 4.0 and Internet of Things as the foundation that is being set to derive a conclusion regarding the recapitulation of machine usage. The system is built with a core of a microcontroller Heltec WiFi LoRa 32 V2 as the base of the data acquisition that is connected to a wireless network and a database platform that is secure to undergo data visualization. This system is also designed for ease of access in regard of installation with real-time readings that will replace conventional paper-based monitoring system with a more modern and efficient way through this instrument. This system is also evaluated with Design of Experiment methodology and ANOVA analysis untuk optimize the accuracy and functionality of the instrument to acquire accurate data.

Keywords: Internet of Things, Data Acquisition, Security.

Kata Pengantar

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "*Instrumen Akuisisi Data Hasil Monitoring Mesin Welding*" yang dibuat guna memenuhi syarat kelulusan di jurusan Teknik Elektro, program studi D4 Teknik Mekatronika, Politeknik Negeri Batam.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan dukungan yang telah diberikan selama penyusunan tugas akhir ini hingga selesai kepada:

1. Kedua orang tua, keluarga besar dan saudara yang telah memberikan doa, semangat dan motivasi.
2. Bapak Uuf Brajawidagda, S.T., M.T., Ph.D. selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
3. Bapak Dr. Budi Sugandi, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam
4. Bapak Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng. selaku Ketua Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Susanto, S.St., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam menyusun tugas akhir ini.
6. Bapak Muhammad Naufal Airlangga Diputra, S.Pd. selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir.
7. Bapak Heru Wijanarko, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji 1
8. Bapak Fadli Firdaus, M.Pd selaku dosen penguji 2
9. Seluruh staf pengajar dan administrasi di jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
10. Seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Mekatronika Angkatan 2020.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwasanya dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih ada kekurangan. Oleh sebab itu, kritik dan saran untuk perbaikan Tugas Akhir ini sangat diperlukan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Terima kasih saya haturkan atas segala perhatiannya.

Batam,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rico Roenaldo', with a large, sweeping flourish above the name.

Rico Roenaldo

NIM: 4212001017

Daftar Isi

Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	ix
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1 <i>Welding Machine</i>	4
2.2 Internet of Things	4
2.3 Industrial Wireless Sensor Network (IWSN)	5
2.4 Heltec WiFi LoRa 32 V2	5
2.5 MFRC522 RFID Reader	6
2.6 Current Sensor	6
2.7 XAMPP Apache	7
2.8 MySQL Database	8
2.9 HTTP Protocol	8
2.10 <i>Design of Experiment (DOE)</i>	8
2.11 Analysis of Variance (ANOVA)	8
2.12 CWT WDL-3	9
2.13 <i>Sensor-based Welding Machine Monitoring System</i>	10

Bab 3. Metodologi Penelitian.....	11
3.1.Perancangan Sistem	11
3.1.1 <i>Wiring Diagram System</i>	12
3.1.2 <i>UI / UX System</i>	12
3.1.3 Flowchart System.....	15
3.2. Pengujian	16
3.2.1 Hipotesis Pengujian.....	16
3.2.2 Metode Pengujian	16
3.2.3 Rancangan Eksperimen	16
3.2.4 Analisis Data	18
3.2.5 Interpretasi Data.....	18
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	19
4.1. Data Hasil Penelitian.....	19
4.2. Analisis.....	19
4.3. Pembahasan	22
4.3.1. Hipotesis Primer	23
4.3.2. Hipotesis Metode.....	23
4.3.3. Hipotesis Interaksi	23
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	24
5.1. Kesimpulan	24
5.2. Saran	24
Daftar Pustaka.....	25
Biodata	27
Lampiran.....	28
Lampiran A	28
Lampiran B	28
Lampiran C	29
Lampiran D	30

Daftar Gambar

Gambar 1. Mesin Las	4
Gambar 2. Heltec WiFi LoRa 32 V2	6
Gambar 3. MFRC522 <i>RFID Reader</i>	6
Gambar 4. XAMPP <i>Dashboard</i>	7
Gambar 5. CWT WDL-3 <i>Welding Machine Monitoring</i>	10
Gambar 6. <i>Workflow Diagram</i>	11
Gambar 7. <i>Wiring Diagram System</i>	12
Gambar 8. <i>Dashboard</i>	12
Gambar 9. <i>Menu Monitoring</i>	13
Gambar 10. <i>Menu Machine Monitoring</i>	13
Gambar 11. <i>Menu Machine User Monitoring</i>	14
Gambar 12. <i>Menu Usage Monitoring</i>	14
Gambar 13. <i>Add Employee Menu</i>	15
Gambar 14. <i>Flowchart System</i>	15

Daftar Tabel

Table 1 <i>Full Factorial Design</i>	17
Table 2 <i>Full Factorial Design</i>	19
Table 3 <i>Full Factorial Design Total Identification</i>	20
Table 4 <i>Tabel ANOVA</i>	22

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pengelasan merupakan suatu proses *manufacturing* yang esensial pada sebuah industri, seperti industri dalam bidang otomotif, perkapalan, bangunan, dan lain sebagainya. Hampir 70% produk yang diproduksi secara industri menggunakan teknik pengelasan[1] yang menunjukkan seberapa krusial konsep pengelasan pada dunia manufaktur.

Dari tingginya kebutuhan produksi dengan pengelasan, tentunya suatu industri yang bergerak dalam bidang manufaktur membutuhkan mesin las yang banyak untuk menunjang keperluan produk yang tinggi tersebut. Tentu, dibutuhkan dana yang besar untuk menyiapkan perangkat mesin las yang dibutuhkan oleh industri dan *welder* untuk mengoperasikan mesin tersebut. Dengan dana yang besar itu pula, dibutuhkan pemantauan dan pengelolaan penggunaan mesin supaya tidak menjadi *overcapacity* ataupun *undercapacity* dalam konteks ketersediaan mesin las. Selain sisi persediaan, dibutuhkan juga pemantauan untuk mengetahui rekapitulasi[2] penggunaan mesin supaya suatu industri dapat mendapatkan kesimpulan mengenai keefektifan penggunaan mesin dan menunjang produktivitas.

Namun, rekapitulasi tersebut memicu permasalahan yang ditimbulkan karena mesin las yang begitu banyak. Masalah tersebut antara lain adalah suatu industri kerap menggunakan kertas untuk mencatat penggunaan mesin las dan seringkali kesulitan untuk mendapatkan pencatatan yang akurat. Tak sedikit, kendala dari pencatatan tersebut mengakibatkan *overcapacity* atau berlebihnya ketersediaan mesin tetapi seringkali tidak digunakan. Oleh karena itu, penting untuk mengubah konsep rekapitulasi tradisional tersebut menjadi lebih modern.

Faktanya, sudah ada inovasi untuk mengubah sistem pencatatan konvensional tersebut menjadi lebih modern. Namun, industri manufaktur terlebih pada penyediaan mesin las, memiliki instrumen yang dapat mencatat rekapitulasi penggunaan mesin las tersebut hanya saja instrumen yang tersedia sangat mahal dan cenderung tidak ergonomis sehingga instalasi sulit dilakukan. Terlebih, instrumen yang ada hanya dapat melakukan *monitoring* dengan komponen yang sudah ditentukan dan tidak *universal*.

Disamping itu, perkembangan zaman yang begitu pesat menjadi salah satu tantangan yang harus dihadapi industri untuk bersaing di era teknologi. Pertumbuhan teknologi yang begitu cepat telah memasuki era *Digital Industry 4.0* yang memanfaatkan otomasi untuk memperoleh data, memvisualisasikan perolehan data secara aman serta *user-friendly* dan optimasi proses produksi pada suatu industri manufaktur[3]. Oleh karena itu, penting untuk suatu industri manufaktur untuk memanfaatkan momentum tersebut untuk tumbuh dan berkembang, salah satunya adalah merubah sistem pencatatan penggunaan

mesin yang konvensional menjadi sistem pencatatan secara *modern* dengan memanfaatkan sensor dan perangkat mikrokontroler yang mampu mengakuisisi data yang dibutuhkan untuk menunjang rekapitulasi penggunaan mesin secara berkala.

Guna memperoleh rekapitulasi yang baik dalam segi penggunaan mesin, penting untuk mengetahui data yang mencakup *user*, posisi, serta lama pemakaian suatu mesin las. Maka dari itu, dibutuhkan suatu tindakan *monitoring* yang mengawasi mesin las tersebut. Pengawasan tersebut juga akan meningkatkan efisiensi penggunaan mesin las dan data akuisisi yang baik untuk memperoleh statistik pengoperasian mesin las[4]. Dengan sistem pencatatan yang baru tersebut, melalui tugas akhir ini, maka diharapkan dapat merancang instrument yang mampu melakukan pencatatan yang efisien, efektif dan universal untuk semua jenis mesin las.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan suatu sistem yang menggantikan teknik rekapitulasi penggunaan mesin las secara konvensional menjadi lebih *modern* dengan efisien, efektif dan universal?
2. Bagaimana membuat suatu visualisasi rekapitulasi penggunaan mesin las berbasis *Internet of Things* yang *user-friendly* dan akurat guna meningkatkan efisiensi penggunaan mesin las?

1.3. Tujuan

Tujuan dari tugas akhir adalah:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem pencatatan penggunaan mesin las yang efisien, efektif dan universal berbasis *Internet of Things* yang lebih *modern* menggantikan sistem pencatatan yang konvensional (*paper – based*).
2. Menyiapkan *platform* visualisasi hasil rekapitulasi penggunaan mesin las yang *user-friendly* dan akurat.

1.4. Manfaat

Manfaat yang diharapkan pada tugas akhir ini antara lain:

1. Mampu mengatasi masalah pencatatan penggunaan mesin las yang tidak akurat serta memakan waktu yang banyak.
2. Memberikan kemudahan suatu industri manufaktur untuk mengevaluasi dan mengambil kesimpulan terhadap penggunaan mesin las yang terdapat pada industri tersebut.

1.5. Batasan

Batasan dari tugas akhir tersebut adalah sebagai berikut:

1. Ruang lingkup: Tugas akhir ini akan dibatasi pada suatu perusahaan mesin las NOV Profab di Batam.
2. Metodologi: Mengimplementasikan *Internet of Things* dengan memanfaatkan jaringan *internet* sebagai bentuk transmisi data.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Welding Machine*

Welding machine atau disebut mesin las adalah suatu bidang manufaktur yang sangat penting sebagai proses fabrikasi dimana dua atau lebih material digabungkan menggunakan panas dan/atau tekanan menjadi satu bagian ketika sudah dingin. Pengelasan banyak digunakan di industri manufaktur seperti bidang otomotif, bangunan hingga *aerospace*[1].

Suatu mesin las tentunya membutuhkan suatu *power supply* yang mampu mentenagai mesin las tersebut sesuai dengan kekuatan yang ingin digunakan. Umumnya, mesin las menggunakan arus (*ampere*) sebagai parameter kemampuan mesin las dalam menggabungkan 2 buah bagian atau lebih. Dengan menggunakan *rule of thumb*, setiap milimeter baja membutuhkan tenaga 40 ampere. Sehingga, untuk mengoperasikan suatu mesin las dibutuhkan perencanaan yang hati – hati dan presisi guna mendapatkan hasil yang memuaskan.



Gambar 1. Mesin Las

sumber: https://m.media-amazon.com/images/W/IMAGERENDERING_521856-T1/images/I/61Cge6svJWL_SX342_.jpg

2.2 Internet of Things

Internet of Things bukanlah hal yang baru saat ini, terkhususnya pada sektor industri. *Internet of Things* memungkinkan suatu perangkat elektronik, kendaraan dan lain sebagainya untuk terkoneksi pada suatu jaringan objek fisik yang terhubung kepada *Internet*. Perangkat tersebut dapat bertukar informasi dengan suatu *platform Internet of Things* guna meningkatkan efisiensi, mengoptimalkan kinerja dan sangat baik pula dalam praktik rekapitulasi penggunaan suatu perangkat yang terhubung[5].

Pada bidang industri, *Internet of Things* banyak digunakan untuk komunikasi informasi antara perangkat keras seperti mesin – mesin yang ada di suatu industri terhadap suatu bentuk perangkat lunak seperti *website*, *mobile app* dan lain sebagainya[6] yang kemudian informasi tersebut dapat diolah di perangkat lunak dalam bentuk visualisasi, rekapitulasi dan lain – lain.

Internet of Things juga mempermudah metode akuisisi data dari suatu perangkat/mesin. Dalam hal ini, metode akuisisi data konvensional yang mengandalkan kabel (*wired technologies*) sangat mahal, sulit dipasang, dan cenderung memakan waktu. Dengan adanya konsep *Internet of Things* dalam konteks akuisisi data, maka problematika tersebut dapat diatasi dengan menggunakan metode IWSN (*Industrial Wireless Sensor Network*) yang sekaligus menjadi pondasi untuk beradaptasi pada era Industri 4.0.

2.3 Industrial Wireless Sensor Network (IWSN)

Pada era industri saat ini, perusahaan sangat membutuhkan peningkatan efisiensi pada proses[7] dan terlebih, harus memperhatikan *financial objectives* yang terdapat pada perusahaan tersebut guna mendapatkan *outcome* yang diharapkan. Salah satu metode yang modern untuk mewujudkan hal tersebut adalah IWSN (*Industrial Wireless Sensor Network*). IWSN secara umum adalah suatu sensor *node* yang ditancapkan pada suatu perangkat/mesin guna mengawasi dan *monitoring* parameter yang kritis pada mesin tersebut[7]. Data tersebut kemudian akan dikirimkan secara *wireless* ke *node* lain yang kemudian akan diproses dan dilakukan visualisasi dan/atau rekapitulasi.

Konsep ini tentu saja akan efisien dan efektif jika dibandingkan dengan implementasi tradisional yang masih menggunakan kertas sebagai alat rekapitulasi dan *monitoring* ataupun menggunakan *wired communication* untuk mengirim data – data yang ada pada mesin yang akan menghabiskan banyak sumber daya jika terus diterapkan.

2.4 Heltec WiFi LoRa 32 V2

Heltec WiFi LoRa 32 V2 adalah suatu *board* mikrokontroler yang menunjang terwujudnya akuisisi data berbasis IWSN (*Industrial Wireless Sensor Network*). *Board* ini dilengkapi dengan *ESP32 Chip* yang memungkinkan *board* tersebut untuk terhubung pada koneksi internet untuk pemrosesan selanjutnya.

Mikrokontroler Heltec WiFi LoRa 32 V2 juga dilengkapi dengan SemTech SX1276 LoRaWAN *architecture* yang mampu menggunakan teknologi LoRa sebagai bentuk transmisi data *low-energy* dengan frekuensi 433 dan 868 MHz [8] selain menggunakan jaringan internet. *Board* ini akan digunakan pada tugas akhir dalam konteks teknologi *Internet of Things* dengan menghubungkan proses pengumpulan data dari perangkat keras yang kemudian akan bekerja sebagai *sender* informasi tersebut ke suatu *platform* perangkat lunak yang nantinya akan

diproses guna memvisualisasikan informasi tersebut dalam bentuk grafik, tabel dan lain sebagainya di *website database system* .



Gambar 2. Heltec WiFi LoRa 32 V2

sumber: https://heltec.org/wp-content/uploads/2020/04/SAM_0748_800X800.png

2.5 MFRC522 RFID Reader

Modul MFRC522 *RFID Reader* merupakan perangkat yang mampu mendeteksi kartu *RFID (Radio Frequency Identification)* yang berisi UID dalam bentuk angka (*Unique Identification*) yang berbeda untuk tiap kartu atau *keychain*. Frekuensi kartu yang dapat ditangkap oleh MFRC522 *RFID Reader* ini adalah 13.56 Mhz. Kartu atau *keychain* tersebut yang berisi UID umumnya disebut dengan *RFID tag*. *RFID tag* yang didekatkan kepada suatu *RFID reader* yakni MFRC522 *RFID reader* akan menerima UID tersebut[9].

Data UID mentah dari tiap *RFID tag* tersebut kemudian akan diproses lebih lanjut. Pada tugas akhir ini, data UID mentah dari tiap *RFID tag* akan dijadikan parameter untuk mengidentifikasi pengguna dari mesin las dengan membedakan *user* dari tiap *RFID tag* yang ada.



Gambar 3. MFRC522 RFID Reader

sumber: https://miro.medium.com/v2/resize:fit:640/0*GyL9KL-k23m2rwKv

2.6 Current Sensor

Sensor arus atau *current sensor* adalah suatu instrumen yang dapat menangkap arus yang mengalir di suatu rangkaian dan mengubah arus menjadi suatu *output* tegangan yang proporsional dengan besaran arus tersebut. Kemudian, *output* tegangan dari sensor arus tersebut akan diteruskan kepada suatu media pembacaan, umumnya *ammeter*. Pada kebutuhan industri saat ini,

penting untuk menggunakan parameter arus untuk melakukan *monitoring* pada mesin – mesin yang sedang digunakan[10].

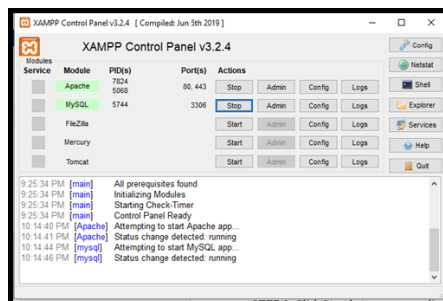
Dalam sektor industri, jenis sensor yang umum dipakai adalah sensor *current transformer*[11] yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik yang mampu mengubah arus yang tinggi menjadi arus yang lebih rendah[12] dengan perhitungan tertentu sesuai dengan spesifikasi dari sensor arus tersebut.

Pada tugas akhir ini, sensor arus yang digunakan harus memiliki toleransi arus input yang sesuai dengan mesin las yang ada. Jika toleransi arus input lebih kecil daripada arus maksimum dari sebuah mesin las maka akan berdampak pada rusaknya sensor arus tersebut dan/atau pembacaan dari sensor arus tersebut menjadi tidak stabil. Hasil pembacaan sensor pada tugas akhir ini akan menjadi parameter mesin las sedang beroperasi atau tidak dan memulai *counting* jika mesin las sedang beroperasi sesuai dengan pembacaan sensor arus.

2.7 XAMPP Apache

XAMPP Apache adalah suatu perangkat lunak yang memungkinkan suatu laptop atau komputer menjadi suatu server yang mampu menjadi *host server (localhost)* yang dapat menjalankan *script* bahasa PHP yang berisi *interface* dan *database system* MySQL sebagai pondasi *database*[13].

Pada tugas akhir ini, XAMPP akan digunakan sebagai uji coba komunikasi antara perangkat keras (*hardware*) dengan perangkat lunak (*software*) untuk visualisasi data dan pemrosesan data secara *realtime* dan efektif. XAMPP akan mengaktifkan *script* PHP yang telah diprogram dan menerima *request* dari mikrokontroler yang berisi nilai sensor yang kemudian akan dikirimkan ke *database*.



Gambar 4. XAMPP Dashboard

sumber: <https://xamppguide.com/wp-content/uploads/2022/01/xampp-control-panel12.png>

2.8 MySQL Database

MySQL merupakan suatu teknologi *open sourced database* yang sangat banyak digunakan sebagai *database*[14] oleh *developer* aplikasi *software* dalam *online* maupun *desktop platforms* dikarenakan MySQL adalah *database* yang *dependable*, cepat, dan mudah untuk digunakan.

MySQL dapat digunakan dalam bentuk teks, *command prompt* dan PHPMyAdmin. Dalam tugas akhir ini, bentuk MySQL yang digunakan adalah bentuk PHPMyAdmin yang terintegrasi oleh XAMPP Apache untuk memudahkan pengolahan data.

2.9 HTTP Protocol

Metode HTTP (*HyperText Transfer Protocol*) adalah protokol yang sangat umum digunakan dan dikembangkan pada saat ini. Metode tersebut digunakan untuk komunikasi antara *web browsers* dan *web servers*[14].

Pada tugas akhir ini, protokol HTTP digunakan untuk menghubungkan *client* (masing – masing mesin las) dan *server* (XAMPP Apache Server) untuk bertukar informasi / data pada aplikasi berbasis *web* yang sudah disiapkan.

2.10 Design of Experiment (DOE)

Design of Experiment adalah metode yang umum digunakan untuk mengoptimisasi suatu sistem dan meningkatkan efisiensinya[15]. Metode tersebut merupakan pendekatan ilmiah yang efektif guna melakukan analisa dengan tujuan mengidentifikasi dan mempelajari hubungan antara faktor-faktor yang dapat mempengaruhi sistem. Pada [16], *design of experiment* digunakan sebagai optimalisasi pada suatu *catalyst* yang terstruktur dengan sedemikian rupa dengan faktor-faktor yang telah diidentifikasi melalui *Design of Experiment* tersebut.

Penggunaan metode *Design of Experiment* sangat relevan dikarenakan metode ini memberikan kemudahan untuk menguji faktor-faktor dalam suatu eksperimen yang kritis dengan tujuan meninjau seberapa signifikan faktor tersebut terhadap *variable respons* yang sudah ditetapkan oleh peneliti.

2.11 Analysis of Variance (ANOVA)

Analysis of Variance (ANOVA) banyak digunakan pada konsep *experimental planning* dan pemrosesan statistikal yang memungkinkan peneliti untuk memproses data dari beberapa sampel (faktor)[17] untuk mempelajari dan mendapatkan kesimpulan hubungan antara faktor dengan *variable respons*.

Pada analisis ANOVA, dikenali bahwa hipotesis nol menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan di antara kelompok – kelompok yang telah ditetapkan.

Sedangkan, hipotesis alternatif menyatakan bahwa terdapat setidaknya satu perbedaan yang signifikan dari kelompok – kelompok.

Hasil dari *Analysis of Variance* adalah dalam bentuk *F-ratio* yang menunjukkan seberapa besar variasi yang terjadi **antara** kelompok dibandingkan dengan variasi **dalam** kelompok. Semakin tinggi *F-ratio* maka semakin mungkin perbedaan antara kelompok pada variable independen terjadi. Hasil analisis lain adalah *p-value* yang menunjukkan seberapa signifikan variasi/perbedaan tersebut. Pada analisis *ANOVA*, parameter *p-value* yang ditentukan umumnya adalah 0,05. Jika *p-value* lebih kecil dari angka tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa perbedaan tersebut berpengaruh secara signifikan.

Pada penelitian medis yang dilakukan oleh Patrick Schober dan Thomas R. Vetter terkait efek dari propofol pada 3 jenis pasien[18], didapati bahwa *p-value* dari analisis *ANOVA* tersebut adalah $< 0,001$, maka dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol dapat ditolak yang berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara jenis pasien tersebut.

2.12 CWT WDL-3

CWT WDL-3 adalah suatu perangkat *monitoring* mesin las yang digunakan oleh perusahaan LINCOLN ELECTRIC yang mampu melakukan pengawasan pada mesin las dengan melakukan akuisisi data dalam bentuk arus, tegangan, dan *parameter* welding lainnya yang kemudian akan terkoneksi ke suatu PC. Modul tersebut juga dapat menyimpan hingga 4000 ringkasan suatu kondisi mesin las[19].

Namun, metode *monitoring* cenderung mahal dan tidak ergonomis. Sensor arus yang digunakan oleh modul CWT WDL – 3 ini memiliki harga yang mahal yaitu USD \$980.00 dan sensor arus tersebut dibutuhkan supaya modul CWT WDL – 3 dapat bekerja. Disamping itu, berdasarkan *wiring diagram* yang tersedia untuk CWT WDL – 3[19], modul tersebut membutuhkan power source berupa *adaptor* dan pengkabelan yang cukup memakan waktu untuk instalasi dan tidak ergonomis.

Pada tugas akhir ini, akan digunakan sensor arus yang lebih ekonomis sebagai bentuk rekapitulasi dan penambahan fitur untuk dapat mengetahui lokasi mesin las tersebut dan siapa yang menggunakannya serta lebih ergonomis dengan instalasi yang mudah dan *portable*.



Gambar 5. CWT WDL-3 Welding Machine Monitoring

sumber: <https://ch-delivery.lincolnelectric.com/api/public/content/d0254ea87a1f4fd3acd7205ae3d521ed?v=81623fcf&t=600x429>

2.13 Sensor-based Welding Machine Monitoring System

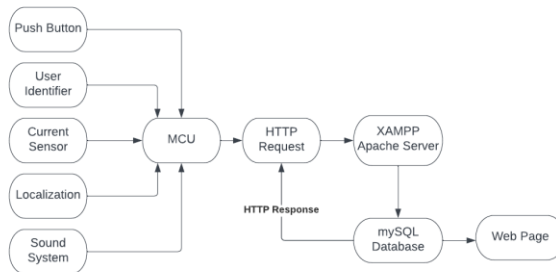
Pada jurnal tahun 2021 yang dilakukan oleh Reza Hamzeh *et al*, dilakukan sebuah penelitian untuk membuat suatu alat untuk merekapitulasi penggunaan mesin las dengan *hall effect* sensor (untuk mendeteksi *arc* dari mesin las) untuk melakukan analisa terhadap kualitas *weld* pada suatu mesin las[20]. Dijelaskan pula pada penelitian tersebut bahwa pendeteksian *arc welding machine* sangat penting untuk menjaga kualitas dan efektivitas pengelasan pada industri.

Hanya saja, pada penelitian tersebut, rekapitulasi *arc welding machine* dilakukan dengan software yang terinstall pada komputer sehingga transmisi data masih menggunakan kabel. Pada penelitian ini, transmisi data yang akan dibangun adalah *wireless* dengan teknologi *IWSN (Industrial Wireless Sensor Network)* yang memungkinkan untuk melakukan rekapitulasi penggunaan mesin las dengan jumlah yang banyak dan mereduksi penggunaan kabel.

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan Sistem

Pada tugas akhir ini, perancangan sistem untuk menciptakan instrumen *monitoring* mesin las yang efisien, efektif, ergonomis dan *universal* adalah sebagai berikut.



Gambar 6. Workflow Diagram

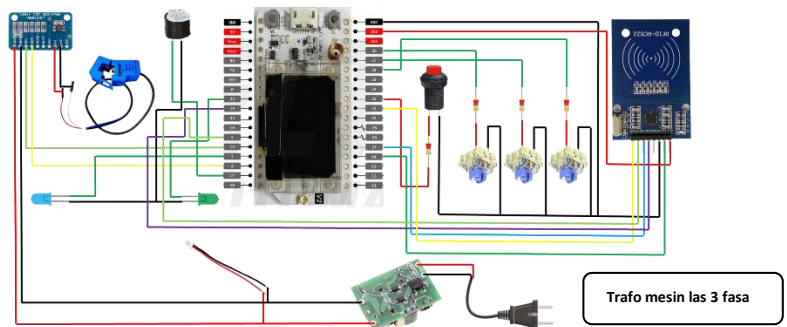
Akuisisi data yang diterima oleh MCU (*Microcontroller Unit*) berupa:

1. *Push Button*, digunakan untuk mengubah *slave* dari pin LoRa dikarenakan modul *RFID reader* menggunakan protokol *SPI (Serial Peripheral Interface)* sehingga diharuskan mengatur *SS (slave select)* maka digunakan *push button*.
2. *User Identifier*, digunakan untuk *parameter* pengguna mesin las yang berupa *UID (Unique Identification)* yang dibaca oleh *RFID reader* yang menangkap sinyal radio dari *RFID tag*.
3. *Current sensor*, digunakan untuk *parameter on/off* dari mesin las yang menangkap arus yang terdapat pada mesin las.
4. *Localization*, digunakan untuk *parameter* lokasi mesin dalam bentuk area number (cth. *Area 1, Area 2, dst.*) yang telah dimasukkan oleh *welder*.
5. *Sound system*, digunakan untuk *parameter* suara yang akan berbunyi jika suatu *RFID tag* di dekatkan kepada *RFID reader* serta *input localization* dari *welder*.

Data – data tersebut kemudian akan dikirimkan menuju suatu *database system* *mysql* melewati *gateway* menuju *XAMPP Apache server* yang terkoneksi ke internet melalui *chip ESP32*. Yang kemudian data yang telah masuk ke *mysql database* akan diolah dan divisualisasikan pada *Web Page* yang telah tersedia.

3.1.1 Wiring Diagram System

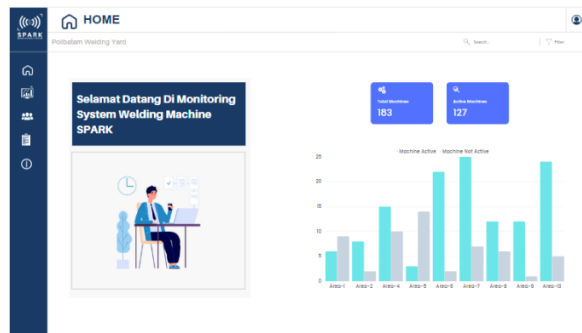
Desain sistem elektrik pada tugas akhir ini digambarkan pada **Gambar 7**. Berdasarkan desain tersebut, sistem akan memiliki kontroler utama yaitu Heltec WiFi LoRa 32 V2 untuk mengaktifkan sensor arus dan komponen – komponen pembantu lainnya. 3 *push button* yang disusun berderetan memiliki fungsi untuk mendeklarasikan Area yang berasal dari *input* dari *user*. MFRC522 akan digunakan sebagai pengenalan UID yang berasal dari *RFID tag* suatu *user*. Sistem ini akan ditenagai oleh trafo dari mesin las 3 fasa yang kemudian akan diturunkan tegangannya sesuai dengan spesifikasi mikrokontroler Heltec WiFi LoRa 32 V2.



Gambar 7. Wiring Diagram System

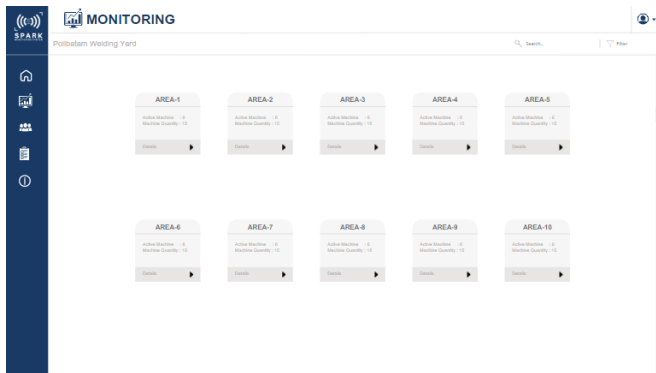
3.1.2 UI / UX System

Berikut adalah *design UI/UX system* sebagai komunikasi antarmuka rekapitulasi penggunaan mesin las yang terintegrasi pada *hardware*.



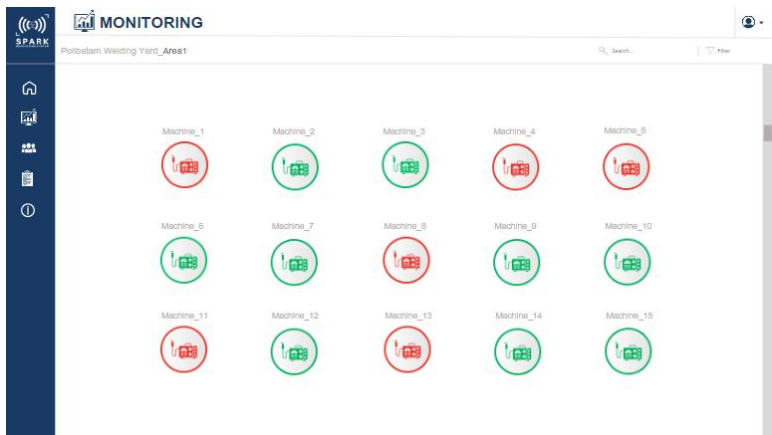
Gambar 8. Dashboard

Pada menu ini akan berisi rekapitulasi mesin yang aktif dan non-aktif pada area – area tertentu pada pada suatu industri las. Yang akan berubah secara *realtime*.



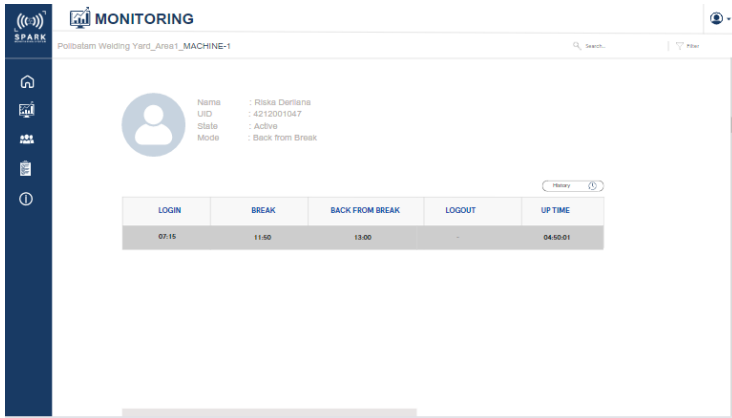
Gambar 9. Menu *Monitoring*

Pada menu ini akan berisi semua area yang terdata oleh *database* dan akan berisi jumlah mesin las yang bekerja pada area tersebut. Jumlah mesin las yang terdapat pada *area* akan *update* secara *realtime*.



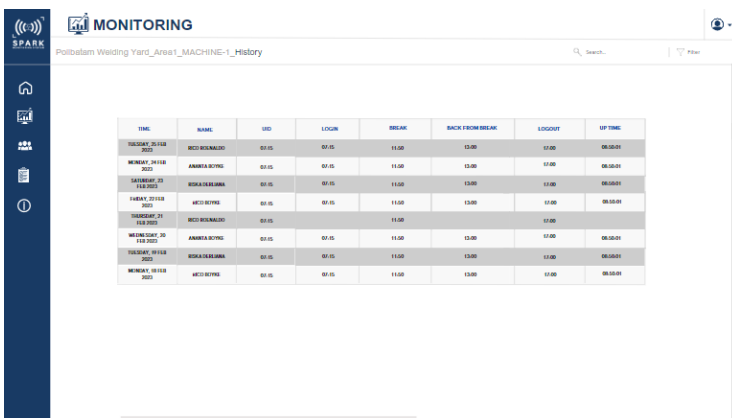
Gambar 10. Menu *Machine Monitoring*

Pada menu ini akan berisi mesin – mesin yang sedang aktif pada *area* tertentu dan akan berubah secara *realtime* berdasarkan nama mesin yang sudah terdeklarasi di masing – masing instrumen.



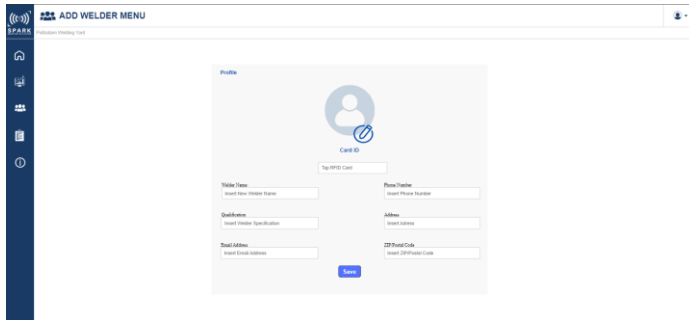
Gambar 11. Menu Machine User Monitoring

Setelah memilih mesin yang sedang aktif di *area* tertentu, maka jendela ini akan tampil. Pada mesin yang sedang bekerja, semua data rekapitulasi seperti pengguna mesin, *mode* mesin hingga waktu *realtime* mesin digunakan akan tampil selama mesin tersebut dinyatakan *active* yang berasal dari *parameter* yang dikirim oleh MCU (*Microcontroller Unit*).



Gambar 12. Menu Usage Monitoring

Pada menu ini, akan tampil rekapitulasi penggunaan mesin berdasarkan *Machine ID* yang sudah ditentukan. Hal ini akan membantu *user* untuk mengetahui riwayat penggunaan mesin tersebut selama bekerja.

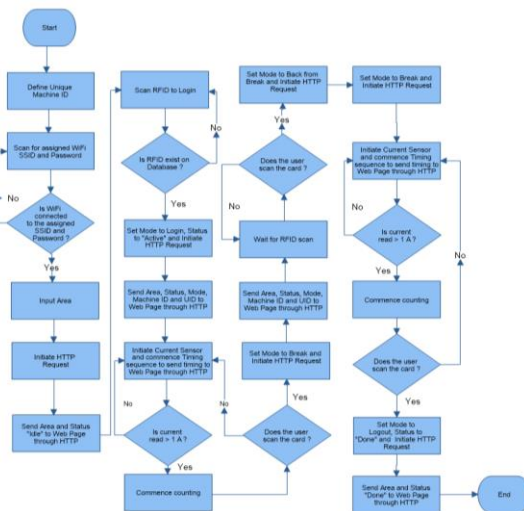


Gambar 13. Add Employee Menu

Menu ini akan digunakan untuk menambah *welder* baru pada sistem yang akan didaftarkan pada RFID *tag* yang baru sehingga RFID *tag* tersebut nantinya dapat digunakan untuk mengakses sistem pada mesin las untuk kepentingan *monitoring*.

3.1.3 Flowchart System

Suatu sistem akan lebih dipahami jika disertakan *flowchart system* untuk menjelaskan rentetan kerja pada sistem. Berikut adalah *flowchart* untuk tugas akhir ini.



Gambar 14. Flowchart System

3.2. Pengujian

Sebagai implementasi perubahan mekanisme *monitoring* mesin welding secara konvensional menjadi lebih modern dan praktis, serta penyediaan *platform* visualisasi yang mumpuni, maka dilakukanlah pengujian – pengujian untuk memenuhi tujuan tersebut dengan juga menerapkan fungsionalitas *Internet of Things*.

Pengujian ini akan dilakukan untuk mengetahui tingkat keberhasilan modul untuk melakukan transmisi data hasil *monitoring* mesin las di medan dan kondisi yang berbeda – beda.

3.2.1 Hipotesis Pengujian

Dalam konteks tingkat keberhasilan modul dalam melakukan transmisi data, terdapat beberapa hipotesis yang akan disajikan, antara lain adalah:

1. Hipotesis Nol (H_0)
Hipotesis Nol pada pengujian ini merujuk kepada tidak adanya perbedaan yang signifikan dalam keberhasilan transmisi data hasil *monitoring* mesin las antara kelompok – kelompok eksperimen.
2. Hipotesis Alternatif (H_1)
Hipotesis alternatif pada pengujian ini merujuk kepada adanya perbedaan yang signifikan dalam keberhasilan transmisi data hasil *monitoring* mesin las antara kelompok – kelompok eksperimen.

3.2.2 Metode Pengujian

Untuk menguji dan mendapatkan validasi atas hipotesis tersebut, maka akan dilakukan pengujian untuk mencapai suatu kesimpulan yang komperhensif. Adapun metode pengujian yang akan digunakan adalah ***Design of Experiment (DOE)*** untuk mengetahui dan menguji faktor yang mempengaruhi transmisi data hasil *monitoring* mesin las.

Guna mencapai tujuan yang telah diharapkan, akan digunakan konsep ***Full Factorial Design*** yang bertujuan untuk mempertimbangkan semua kombinasi dari faktor yang akan diuji supaya mendapatkan konklusi yang bersifat menyeluruh dalam konteks kesuksesan transmisi data.

3.2.3 Rancangan Eksperimen

Rancangan eksperimen yang akan digunakan dalam tugas akhir ini adalah ***Full Factorial Design***, dengan mempertimbangkan semua kombinasi faktor yang akan terjadi pada pengujian guna mendapatkan gambaran besar keberhasilan modul untuk melakukan transmisi data. Pengujian ini akan dilakukan di laboratorium pengelasan W2 Politeknik Negeri Batam.

Berikut adalah tabel ***Full Factorial Design*** yang akan mencakup faktor – faktor yang akan diuji pengaruhnya terhadap transmisi data hasil *monitoring* mesin las.

Variabel respons dari *Full Factorial Design* tersebut adalah keberhasilan transmisi data dari hasil *monitoring* mesin las.

Adapun faktor – faktor tersebut meliputi:

1. 10 meter, line of sight.

Pada pengujian ini, instrumen akan diuji pada kondisi jarak dan medan tanpa hambatan yang optimal untuk suatu instrumen *Internet of Things*. Pengujian ini dapat mencerminkan kemampuan instrumen tersebut saat menghadapi medan yang ideal.

2. 10 meter, ruangan berbeda.

Pada pengujian ini, instrumen akan diuji pada kondisi jarak yang optimal namun medan yang memiliki hambatan koneksi melalui dinding. Pengujian dilakukan pada *office room* yang memisahkan instrumen tersebut melalui dinding.

3. 10 meter, ruangan dengan aktivitas mesin las tinggi.

Pada pengujian ini, instrumen akan diuji pada kondisi aktivitas mesin las yang tinggi yang memungkinkan suatu gangguan elektromagnetik atau interferensi dari aktivitas mesin las di lingkungan.

4. 20 meter, line of sight.

Pada pengujian ini, instrumen akan diuji pada kondisi jarak yang lebih ekstensif namun tanpa gangguan. Ini dapat memberikan gambaran stabilitas koneksi pada jarak yang lebih jauh.

5. 20 meter, ruangan berbeda.

Pada pengujian ini, instrumen tidak hanya akan diuji pada kondisi jarak yang lebih ekstensif namun diberikan hambatan melalui dinding *office room* yang memisahkan instrumen dengan sumber jaringan. Ini dapat memberikan penilaian yang penting untuk menguji stabilitas dan konektivitas instrumen.

6. 20 meter, ruangan dengan aktivitas mesin las tinggi.

Pada pengujian ini, instrumen akan diuji pada kondisi jarak yang lebih ekstensif dan berada dalam ruangan dengan potensi gangguan elektromagnetik atau interferensi dari operasional mesin las di sekitar. Ini dapat memberikan gambaran yang *real* pada implementasi instrumen untuk melakukan *monitoring* mesin las.

Table 1 Full Factorial Design

No	Jarak (meter)	Lingkungan
1	10	<i>Line of sight</i>
2	10	Ruangan berbeda
3	10	Ruangan dengan aktivitas mesin las tinggi
4	20	<i>Line of sight</i>
5	20	Ruangan berbeda
6	20	Ruangan dengan aktivitas mesin las tinggi

Dengan melakukan pengujian dalam medan dan kondisi yang variatif tersebut, diharapkan akan mampu meninjau dan mengukur **variabel respons**, dimana variabel respons tersebut adalah keberhasilan transmisi data hasil *monitoring* mesin las.

3.2.4 Analisis Data

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan oleh eksperimen, langkah selanjutnya adalah analisis data tersebut guna mendapatkan kesimpulan akan hipotesis yang telah diutarakan.

Adapun metode analisis data yang akan digunakan adalah **ANOVA (Analysis of Variance)** yang merupakan metode statistik untuk meninjau signifikansi dari faktor – faktor yang telah ditetapkan dan interaksinya terhadap variabel respons yang ada. Metode analisis **ANOVA** akan membantu untuk memiliki pemahaman tentang pengaruh faktor jarak dan interferensi terhadap keberhasilan transmisi data hasil *monitoring* mesin las.

Pada analisis **ANOVA**, akan dilakukan kalkulasi **p-value** dan **F-ratio** untuk menentukan apakah hipotesis nol yang telah disebutkan akan diterima ataupun ditolak. Pada konteks tersebut pula, jika **p-value** dari analisis tersebut lebih besar dari tingkat signifikansi yang sudah ditentukan (0,05) maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hipotesis nol ditolak dan terima hipotesis alternatif.

3.2.5 Interpretasi Data

Setelah dilakukan analisis data menggunakan metode **ANOVA**, selanjutnya dilakukan interpretasi data untuk mendapatkan *output* yang dapat dipahami. Interpretasi tersebut akan dilakukan sesuai dengan kesimpulan yang diambil dari kalkulasi **p-value** dan **F-ratio**. Adapun interpretasi yang dapat diambil dari kesimpulan adalah sebagai berikut.

Jika **p-value > 0,05** maka dapat dikatakan bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dari faktor yang telah ditentukan terhadap keberhasilan transmisi data hasil *monitoring* mesin las. Indikasi tersebut menunjukkan bahwa faktor – faktor yang telah ditentukan tidak mempengaruhi keberhasilan transmisi data. Sedangkan jika **p-value < 0,05** maka dapat dikatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan yang disebabkan oleh salah satu faktor yang telah ditentukan pada pengujian transmisi data hasil *monitoring* mesin las. Indikasi tersebut menunjukkan bahwa setidaknya ada salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan transmisi data.

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Data Hasil Penelitian

Tersaji dibawah merupakan tabel *Design of Experiments (DOE)* dengan tipe *full factorial design* yang digunakan sebagai titik berat dari tugas akhir. Tabel tersebut merepresentasikan semua faktor yang mempengaruhi keberhasilan transmisi data mesin las dengan setiap faktor tersebut dilakukan pengujian sebanyak 20 kali transmisi.

Table 2 Full Factorial Design

	<i>Line of sight</i>	Ruangan berbeda	Aktivitas mesin las tinggi
10 meter	$X_{10_{meter}LoS1}, X_{10_{meter}LoS2}, X_{10_{meter}LoS3}$	$X_{10_{meter}ruanganbeda1}, X_{10_{meter}ruanganbeda2}, X_{10_{meter}ruanganbeda3},$	$X_{10_{meter}lastinggi1}, X_{10_{meter}lastinggi2}, X_{10_{meter}lastinggi3},$
20 meter	$X_{20_{meter}LoS1}, X_{20_{meter}LoS2}, X_{20_{meter}LoS3}$	$X_{20_{meter}ruanganbeda1}, X_{20_{meter}ruanganbeda2}, X_{20_{meter}ruanganbeda3},$	$X_{20_{meter}lastinggi1}, X_{20_{meter}lastinggi2}, X_{20_{meter}lastinggi3},$

4.2. Analisis

Berdasarkan tabel *Design of Experiments (DOE)* tersebut, dilakukanlah analisis ANOVA (*Analysis of Variance*).

1. Perancangan hipotesis

- Hipotesis primer

$$H_0: \mu_{10_{meter}} = \mu_{20_{meter}}$$

$$H_1: \text{setidaknya satu } \mu_{i_{meter}} \neq 0$$

- Hipotesis metode

$$H_0: \mu_{LoS} = \mu_{ruanganbeda} = \mu_{ruangansama_{mesinlastinggi}} = 0$$

$$H_1: \text{setidaknya satu } \mu_j \neq 0$$

- Hipotesis interaksi

$$H_0: \mu_{10_{meter}LoS} = \mu_{20_{meter}LoS} = \mu_{10_{meter}ruanganbeda} \dots = \mu_{20_{meter}ruangsama_{mesinlastinggi}} = 0$$

$$H_1: \text{setidaknya satu } \mu_{ijk} \neq 0$$

2. Penghitungan nilai total

Table 3 Full Factorial Design Total Identification

	<i>Line of sight</i>	Ruangan berbeda	Ruangan dengan aktivitas mesin las tinggi	
10 meter	100, 100, 100	70, 85, 70	85, 80, 90	780
20 meter	30, 45, 40	15, 45, 30	80, 80, 85	450
	Sum = 415	Sum = 315	Sum = 500	G = 1230

Berdasarkan penghitungan nilai total, didapat bahwa **G = 1230**

3. Penghitungan nilai *degree of freedom*

- Primer

$$\eta_{primer} - 1 = 2 - 1 = 1$$

- Metode

$$\eta_{metode} - 1 = 3 - 1 = 2$$

- Interaksi

$$df_{primer} * df_{metode} = 1 * 2 = 2$$

- Error

$$df_{primer} + df_{metode} + df_{interaksi} + x = df_{total}$$

$$(1) + (2) + (2) + x = 17$$

$$x = 17 - (5) = 12$$

- Total

$$\eta_{overall} - 1 = 18 - 1 = 17$$

4. Kalkulasi *correction factor (C)*

$$C = \frac{G^2}{N} = \frac{(1230)^2}{18} = 84,050$$

5. Kalkulasi *sum of squares*

$$\begin{aligned}
 SS_{total} &= \sum \sum \sum (x_{ijk})^2 - C \\
 &(100)^2 + (100)^2 + (100)^2 + (70)^2 + (85)^2 + (70)^2 \\
 &\quad + (85)^2 + (80)^2 + (90)^2 + (30)^2 \\
 &\quad + (45)^2 + (40)^2 + (15)^2 + (45)^2 \\
 &\quad + (30)^2 + (80)^2 + (80)^2 + (85)^2 \\
 &\quad - 84,050 = 12,400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SS_{primer} &= \sum \frac{\tau_i^2}{\eta_i} - C \\
 &\frac{(780)^2}{9} + \frac{(450)^2}{9} - 84,050 = 67,600 + 22,500 - 84,050 \\
 &= 6,050
 \end{aligned}$$

$$SS_{metode} = \sum \frac{\tau_j^2}{\eta_j} - C$$

$$\begin{aligned} \frac{(415)^2}{6} + \frac{(315)^2}{6} + \frac{(500)^2}{6} - 84,050 \\ = 28,704 + 16,537 + 41,666 - 84,050 \\ = \mathbf{2,857} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - SS_{interaksi} = \sum \sum \frac{(y_{ij})^2}{n} - C - SS_{primer} - SS_{metode} \\ \frac{(100 + 100 + 100)^2}{3} + \frac{(70 + 85 + 70)^2}{3} + \frac{(85 + 80 + 90)^2}{3} \\ + \frac{(30 + 45 + 40)^2}{3} + \frac{(15 + 45 + 30)^2}{3} \\ + \frac{(80 + 80 + 85)^2}{3} - 84,050 - 6,050 \\ - 2,857 = \mathbf{2,709} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - SS_{Error} = SS_{total} - SS_{primer} - SS_{metode} - SS_{interaksi} \\ SS_{Error} = 12,400 - 6,050 - 2,857 - 2,709 = \mathbf{784} \end{aligned}$$

6. Kalkulasi *mean square*

- Primer

$$MS_{primer} = \frac{SS_{primer}}{df_{primer}} = \frac{6,050}{1} = \mathbf{6,050}$$

- Metode

$$MS_{metode} = \frac{SS_{metode}}{df_{metode}} = \frac{2,857}{2} = \mathbf{1,428.5}$$

- Interaksi

$$MS_{interaksi} = \frac{SS_{interaksi}}{df_{interaksi}} = \frac{2,709}{2} = \mathbf{1,354.5}$$

- Error

$$MS_{Error} = \frac{SS_{Error}}{df_{Error}} = \frac{784}{12} = \mathbf{65.3}$$

7. Kalkulasi *f-ratio*

- Primer

$$\frac{MS_{primer}}{MS_{Error}} = \frac{6,050}{65.3} = \mathbf{92.6}$$

- Metode

$$\frac{MS_{metode}}{MS_{Error}} = \frac{1,428.5}{65.3} = \mathbf{21.87}$$

- Interaksi

$$\frac{MS_{interaksi}}{MS_{Error}} = \frac{1,354.5}{65.3} = \mathbf{20.74}$$

8. Pembuatan tabel ANOVA

Tabel ANOVA digunakan sebagai tabel statistik yang membantu menguraikan informasi – informasi yang dibutuhkan dan

yang telah dikalkulasikan guna menjelaskan jumlah variasi yang dapat dijelaskan oleh faktor.

Berikut tersaji tabel ANOVA pada tugas akhir ini

Table 4 Tabel ANOVA

Source of Variation	Degree of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F-ratio
Primer	1	6,050	6,050	92.6
Metode	2	2,857	1,428.5	21.87
Interaksi	2	2,709	1,354.5	20.74
Error	12	784	65.3	
Total	17	12,400		

9. Kalkulasi *p-value*

Untuk melakukan kalkulasi *p-value*, akan digunakan bantuan kalkulator *online*. α (signifikansi) yang digunakan adalah 0,05

- Primer

$$F_{(df_{primer}, df_{error})} (f - ratio_{primer}) = F_{1,12}(92.6) \\ = p - value < 0.0001$$

- Metode

$$F_{(df_{metode}, df_{error})} (f - ratio_{metode}) = F_{2,12}(21.87) \\ = p - value = 0.0001$$

- Interaksi

$$F_{(df_{interaksi}, df_{error})} (f - ratio_{interaksi}) = F_{2,12}(20.74) \\ = p - value = 0.000128$$

4.3. Pembahasan

Berdasarkan *p-value* yang didapat dari langkah – langkah analisis ANOVA (*Analysis of Variance*) yang telah dilakukan, didapat bahwa hipotesis yang telah diusulkan diawal dapat diidentifikasi apakah **ditolak** ataupun **diterima**. Hal ini dilakukan untuk mengetahui interpretasi bagaimana faktor – faktor tersebut mempengaruhi keberhasilan transmisi data mesin las sebagai variabel respons. Adapun hipotesis tersebut adalah sebagai berikut

4.3.1. Hipotesis Primer

Berdasarkan nilai p -value yang didapat dari f -ratio dari faktor primer yaitu < **0.0001**, maka dapat dinyatakan bahwa hipotesis nul faktor primer **ditolak** dikarenakan terdapat perbedaan yang cukup signifikan terhadap kelompok yang dibandingkan. Maka dari itu, hipotesis alternatif **diterima** bahwasanya terdapat setidaknya 1 faktor yang mempengaruhi transmisi data mesin las tersebut.

4.3.2. Hipotesis Metode

Berdasarkan nilai p -value yang dihasilkan dari f -ratio dari faktor metode yaitu **0.0001**, maka dapat dinyatakan pula bahwa hipotesis nul faktor metode **ditolak** yang disebabkan karena terdapat perbedaan yang cukup signifikan terhadap kelompok yang telah dibandingkan. Oleh karena itu, hipotesis alternatif **diterima** bahwasanya terdapat setidaknya 1 faktor yang mempengaruhi transmisi data mesin las tersebut.

4.3.3. Hipotesis Interaksi

Berdasarkan kalkulasi p -value yang dihasilkan dari f -ratio dari faktor interaksi yaitu **0.000128**, maka dapat dinyatakan bahwa hipotesis nul faktor interaksi **ditolak** yang disebabkan oleh perbedaan yang cukup signifikan terhadap kelompok yang dibandingkan. Maka, hipotesis alternatif **diterima** bahwa terdapat setidaknya 1 faktor yang mempengaruhi transmisi data mesin las tersebut.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berikut adalah kesimpulan yang diperoleh dari tugas akhir ini:

- Instrumen akuisisi data hasil monitoring mesin las yang telah dirancang dan dibuat sudah bekerja dengan baik, efisien, dan juga efektif dengan ambang batas tertentu yang dipengaruhi oleh jarak dan lingkungan sesuai dengan analisis yang telah dilakukan.
- Instrumen akuisisi data hasil monitoring mesin las yang telah dirancang dan dibuat dapat digunakan di berbagai jenis mesin las, yang membuat instrumen tersebut *universal*.
- Adapun faktor yang dapat mempengaruhi transmisi data adalah faktor primer (jarak instrument dari sumber jaringan), faktor metode (lingkungan yang digunakan untuk mengakuisisi data mesin las), serta faktor interaksi (interaktif antara faktor primer dan metode)
- *Platform* visualisasi hasil rekapitulasi mesin las yang disiapkan sudah *user-friendly* dan siap untuk digunakan

5.2. Saran

Penelitian ini tidak luput dari kesalahan, maka dari itu saran yang dapat diberikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

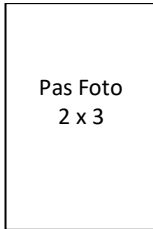
- Dilakukan analisis dan perubahan terhadap komponen dari instrument dari penelitian ini, dengan harapan bahwa variabel respons yang telah ditetapkan menjadi lebih mumpuni
- Mengeksplorasi metode yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keefektifan instrumen akuisisi data hasil monitoring mesin las dari penelitian ini dikemudian hari

Daftar Pustaka

- [1] S. C, N. Radhika, N. H. Deepak Kumar, and B. Sivasailam, "A review on welding techniques: Properties, characterisations and engineering applications," *Advances in Materials and Processing Technologies*, pp. 1–56, 2023. doi:10.1080/2374068x.2023.2186638
- [2] E. Soken-Huberty, "10 reasons why monitoring and evaluation is important," tools4dev, <https://tools4dev.org/blog/why-monitoring-and-evaluation-is-important/> (accessed Jul. 9, 2023).
- [3] L. S. Dalenogare, G. B. Benitez, N. F. Ayala, and A. G. Frank, "The expected contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance," *International Journal of Production Economics*, vol. 204, pp. 383–394, 2018. doi:10.1016/j.ijpe.2018.08.019
- [4] Q. Yang, C. Zhang, C. Hu, H. Zhou, and J. Zhou, "Design of data acquisition and Monitoring System for Welding Machine," *2020 13th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, 2020. doi:10.1109/iscid51228.2020.00030
- [5] S. Kumar, P. Tiwari, and M. Zymbler, "Internet of things is a revolutionary approach for future technology enhancement: A Review," *Journal of Big Data*, vol. 6, no. 1, p. 1, 2019. doi:10.1186/s40537-019-0268-2
- [6] M. Saidul Islam, "A detailed study on IOT platform for ECG monitoring using transfer learning," *Journal on Internet of Things*, vol. 4, no. 3, pp. 127–140, 2022. doi:10.32604/jiot.2022.037489
- [7] S. Yoo and T. Kim, "Industrial Wireless Sensor Networks: Protocols and Applications," *Sensors*, vol. 20, no. 20, p. 5809, 2020. doi:10.3390/s20205809
- [8] I. Bobkov, A. Rolich, M. Denisova, and L. Voskov, "Study of Lora performance at 433 MHz and 868 MHz bands inside a multistory building," *2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT)*, 2020. doi:10.1109/mwent47943.2020.9067427
- [9] T. C. Adeniran, Y. Sanni, N. Faruk, and L. A. Olawoyin, "Design and Implementation of an Automated Attendance Monitoring System for a Nigerian University using RFID," 2019, pp. 72–89.
- [10] A. Nawiko, Rosehan, and M. Sobron Y. Lubis, "Pengaruh Variasi Kuat Arus pengelasan Smaw Terhadap Uji Tarik Sambungan Bahan ASTM A36," *Jurnal Syntax Transformation*, vol. 3, no. 5, pp. 802–808, 2022. doi:10.46799/jst.v3i5.567
- [11] R. Ahamed, A. Rao, and V. Mari, "Saturation Analysis of Current Transformer," 2020, pp. 337.

- [12] S. Ziegler, R. C. Woodward, H. H.-C. Lu, and L. J. Borle, "Current sensing techniques: A Review," *IEEE Sensors Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 354–376, 2009. doi:10.1109/jsen.2009.2013914
- [13] S. Kumar, "Performing database operations in Xampp," GeeksforGeeks, <https://www.geeksforgeeks.org/performing-database-operations-in-xampp/> (accessed Jul. 9, 2023).
- [14] T. M. Tukade and R. Banakar, "Data transfer protocols in IoT-an overview," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118, pp. 121-138, 2018.
- [15] T. Voigt, M. Kohlhase, and O. Nelles, "Incremental Doe and modeling methodology with gaussian process regression: An industrially applicable approach to incorporate expert knowledge," *Mathematics*, vol. 9, no. 19, p. 2479, 2021. doi:10.3390/math9192479
- [16] R. Rezaei, G. Moradi, and S. Sharifnia, "Dry reforming of methane over Ni-Cu/Al Catalyst Coatings in a microchannel reactor: Modeling and optimization using design of experiments," *Energy & Fuels*, vol. 33, no. 7, pp. 6689–6706, 2019. doi:10.1021/acs.energyfuels.9b00692
- [17] N. V. Kartechina, L. V. Bobrovich, L. I. Nikonorova, N. V. Pchelinceva, and R. N. Abaluev, "Practical application of variance analysis of four-factor experience data as a technology of Scientific Research," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 919, no. 5, p. 052030, 2020. doi:10.1088/1757-899x/919/5/052030
- [18] P. Schober and T. R. Vetter, "Analysis of variance in Medical Research," *Anesthesia & Analgesia*, vol. 131, no. 2, pp. 508–509, 2020. doi:10.1213/ane.0000000000004839
- [19] L. Electric, "This device can be used to monitor feedback values around the welding operation," CWT® WDL-3TM, Weld Data Logger, <https://www.lincolnelectric.com/en/products/le-na-wdl3> (accessed Jul. 10, 2023).
- [20] R. Hamzeh, L. Thomas, J. Polzer, X. W. Xu, and H. Heinzl, "A sensor based monitoring system for real-time Quality Control: Semi-automatic Arc Welding Case Study," *Procedia Manufacturing*, vol. 51, pp. 201–206, 2020. doi:10.1016/j.promfg.2020.10.029

Biodata



Nama : Rico Roenaldo
TTL : Batam, 28 Desember 2001
Agama : Buddha
Alamat : Anggrek Permai Blok A No. 21
Email : rickoreonaldo94@gmail.com
Riwayat Pendidikan SMA/SMK : SMAS Djuwita Batam
SMP : SMP Djuwita Batam

Lampiran

Lampiran A

Terlampir berikut adalah pengujian transmisi data mesin las dan visual dari instrument akuisisi hasil monitoring mesin las.



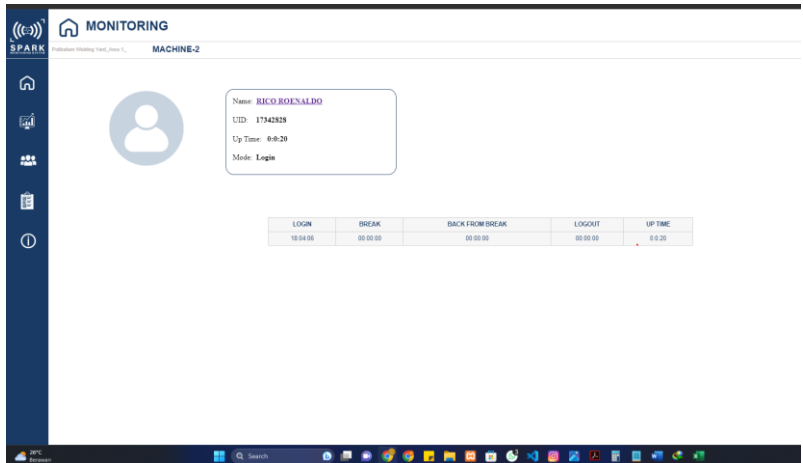
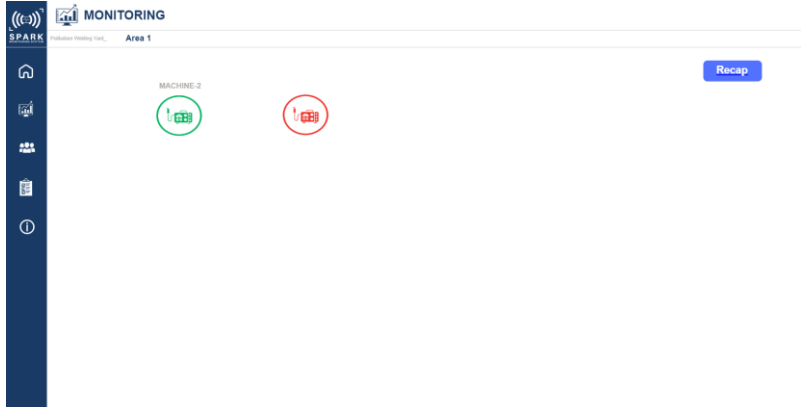
Lampiran B

Berikut terlampir proses pengelasan untuk uji coba instrumen SPARK.



Lampiran C

Terlampir berikut adalah tampilan *website* yang digunakan sebagai visualisasi dan rekapitulasi mesin las tersebut. Gambar tersebut adalah untuk memperlihatkan bahwa deteksi *arc time* dan identifikasi *UID* serta *area*



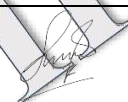





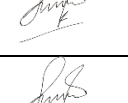
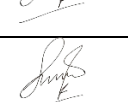



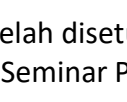
Lampiran D

Berikut adalah tampilan *website* untuk rekapitulasi penggunaan mesin las

No.	Machine ID	Date	Name	Login	Break	Back From Break	Logout	Up Time
1	MACHINE 96	2023-04-15	Rika Delfina Putha	17:51:15	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:2:54
2	MACHINE 96	2023-04-15		00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
3	MACHINE 96	2023-04-15		00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
4	MACHINE 96	2023-04-15		00:00:00	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
5	MACHINE 2	2023-08-14		10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	
6	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
7	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:0
8	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:0
9	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:0
10	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:22
11	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:0
12	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
13	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
14	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
15	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
16	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
17	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
18	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:21
19	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:18
20	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:0
21	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:7
22	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:0
23	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:19
24	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:16
25	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:19
26	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:20
27	MACHINE 2	2023-08-14	RICO ROENALDO	10:54:06	00:00:00	00:00:00	00:00:00	0:0:19

**FORMULIR LOOGBOOK BIMBINGAN DAN PENGAJUAN
SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Rico Roenaldo
 NIM : 4212001017
 Pembimbing I : Susanto, S.ST., M.Sc
 Judul : Instrumen Akuisisi Data Hasil Monitoring Mesin Welding berbasis IoT

No	Hari/Tgl	Rincian Kegiatan	TTD Pembimbing I & II
1	Kamis, 1 Maret 2023	Pembahasan Jobdesk pada PBL sebagai basis proposal	
2	Jumat, 2 Maret 2023	Pembahasan Judul Seminar Proposal	
3	Selasa, 7 Maret 2023	Pembahasan Latar Belakang Proposal 1	
4	Kamis, 16 Maret 2023	Pembahasan Latar Belakang Proposal 2	
5	Senin, 27 Maret 2023	Pembahasan Batasan pada Proposal	
6	Jumat, 7 April 2023	Pembahasan Teknik Lokalisasi pada Sistem	
7	Senin, 22 April 2023	Pembahasan Material dan Komponen yang Diperlukan	
8	Kamis, 4 Mei 2023	Pembahasan Flowchart System	
9	Rabu, 17 Mei 2023	Pembahasan sensor AC / DC untuk sistem	
10	Jumat, 26 Mei 2023	Pembahasan dan Persetujuan Proposal	
11	Senin, 3 Juli 2023	Persiapan dan Bimbingan Buku Tugas Akhir	
12	Selasa, 15 Agustus 2023	Revisi dan Persetujuan Buku Tugas Akhir	

Berdasarkan hasil bimbingan yang telah dilaksanakan selama 5 bulan dan telah disetujui oleh dosen pembimbing, maka dengan ini saya mengajukan diri sebagai peserta Seminar Proposal.

Batam, 11 Desember 2023
 Peserta



NIM: 4212001017