

# Instrumen Akuisisi Data Hasil Monitoring Mesin Welding

Rico Roenaldo<sup>1\*</sup>, Indra Hardian Mulyadi<sup>1</sup>, dan Susanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Negeri Batam, Batam, Indonesia

\*Email: indra@polibatam.ac.id

**Abstrak**— Pengelasan adalah proses manufaktur yang krusial dalam industri, dengan 70% produk industri menggunakan teknik ini. Mengingat investasi yang besar, pengelolaan dan pemantauan mesin las menjadi sangat penting. Pengawasan berbasis kertas yang masih umum digunakan cenderung tidak akurat, sehingga penelitian ini menawarkan implementasi instrumen *monitoring* mesin las yang lebih andal dan universal. Instrumen ini menggunakan WiFi LoRa 32 V2 dari Heltec Automation, dengan fokus pada konektivitas WiFi, *transduser* arus untuk mendeteksi penggunaan mesin, teknologi *Radio Frequency Identification* (RFID) berfrekuensi 13,56 MHz, serta *push button* untuk menunjukkan lokasi mesin. Data dari instrumen ini dikirim secara *wireless* ke *platform cloud database* dan ditampilkan melalui antarmuka pengguna berbasis konsep *Internet of Things*, yang mempermudah pencatatan penggunaan mesin las. Sistem ini dievaluasi menggunakan metode *Design of Experiment* dan analisis ANOVA untuk menguji keandalannya. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem ini andal dengan beberapa keterbatasan, seperti jarak instrumen terhadap koneksi dan kondisi lingkungan tempat instrumen dipasang.

**Keyword:** *Monitoring Mesin Las, Internet of Things, Design of Experiments* dan ANOVA.

**Abstract**— *Welding is a crucial manufacturing process in the industry, with 70% of industrial products utilizing this technique. Given the significant investment involved, the management and monitoring of welding machines are of paramount importance. The paper-based monitoring that is still commonly used tends to be inaccurate, prompting this research to propose the implementation of a more reliable and universal welding machine monitoring instrument. This instrument uses the WiFi LoRa 32 V2 from Heltec Automation, focusing on WiFi connectivity, a current transducer to detect machine usage, 13.56 MHz Radio Frequency Identification (RFID) technology, and a push button to indicate machine location. Data from this instrument is wirelessly transmitted to a cloud database platform and displayed through a user interface based on the Internet of Things concept, simplifying the recording of welding machine usage. The system was evaluated using the Design of Experiment method and ANOVA analysis to test its reliability. The evaluation results indicate that the system is reliable, with some limitations, such as the distance of the instrument from the connection and the environmental conditions where the instrument is installed.*

**Keyword:** *Welding Machine Monitoring, Internet of Things, Design of Experiments and ANOVA*

## I. INTRODUCTION

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.

Dalam industri manufaktur yang bergantung pada proses pengelasan, kebutuhan akan mesin las yang banyak menjadi krusial untuk mendukung tingginya produksi. Investasi besar diperlukan untuk menyediakan mesin-mesin las dan tenaga kerja yang terampil. Oleh karena itu, pengelolaan dan pemantauan penggunaan mesin las menjadi sangat penting untuk menghindari *overcapacity* atau *undercapacity* dalam ketersediaan mesin. Selain memastikan ketersediaan yang optimal, pemantauan ini juga diperlukan untuk merekapitulasi [2] penggunaan mesin, sehingga industri dapat mengevaluasi efektivitas operasional dan meningkatkan produktivitas secara keseluruhan.

Namun, rekapitulasi penggunaan mesin las dalam jumlah besar seringkali memicu masalah, terutama ketika industri masih mengandalkan pencatatan manual menggunakan kertas. Metode tradisional ini rentan terhadap ketidakakuratan, yang dapat menyebabkan *overcapacity* atau berlebihnya ketersediaan mesin yang tidak terpakai. Oleh karena itu, penting untuk mengadopsi pendekatan yang lebih modern dalam rekapitulasi dan pengelolaan penggunaan mesin las, guna meningkatkan efisiensi dan meminimalkan pemborosan sumber daya.

Faktanya, inovasi untuk mengubah sistem pencatatan konvensional menjadi lebih modern sudah tersedia. Namun, dalam industri manufaktur, khususnya dalam penyediaan mesin las, instrumen seperti CWT-WDL-3 memang dapat digunakan untuk mencatat rekapitulasi penggunaan mesin las. Sayangnya, instrumen tersebut hanya mampu melakukan monitoring pada komponen yang telah ditentukan, sehingga tidak bersifat universal dan membatasi fleksibilitas penggunaannya.

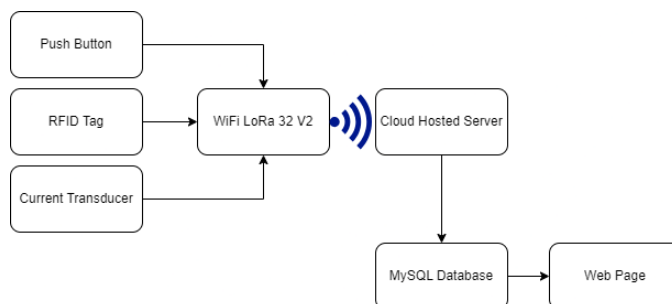
Selain itu, perkembangan zaman yang begitu pesat menjadi tantangan besar bagi industri untuk tetap kompetitif di era teknologi. Pertumbuhan teknologi yang cepat telah membawa kita ke era *Digital Industry 4.0*, di mana otomasi digunakan untuk mengumpulkan data, memvisualisasikan informasi secara aman dan ramah pengguna, serta mengoptimalkan proses produksi di industri manufaktur[3]. Oleh karena itu, sangat penting bagi industri manufaktur untuk memanfaatkan momentum ini untuk tumbuh dan berkembang. Salah satu langkah penting adalah mengubah sistem pencatatan penggunaan mesin yang konvensional menjadi sistem yang lebih modern dengan memanfaatkan sensor dan perangkat mikrokontroler yang mampu mengakuisisi data yang diperlukan untuk mendukung rekapitulasi penggunaan mesin secara berkala.

Untuk memperoleh rekapitulasi penggunaan mesin yang akurat, penting untuk mengumpulkan data yang mencakup informasi tentang pengguna, lokasi, dan durasi pemakaian mesin las. Oleh karena itu, diperlukan tindakan *monitoring* yang efektif untuk mengawasi mesin las secara *real-time*. Pengawasan ini tidak hanya akan meningkatkan efisiensi penggunaan mesin, tetapi juga menyediakan data akuisisi yang berkualitas untuk menghasilkan statistik operasional yang lebih baik[4]. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat mengimplementasi sebuah instrumen yang mampu melakukan pencatatan yang efisien, efektif, dan universal untuk semua jenis mesin las, sehingga mendukung peningkatan produktivitas industri.

## II. METODE

### A. Perancangan Sistem

Pada penelitian ini, perancangan sistem untuk menciptakan instrumen monitoring mesin las yang efisien, efektif, ergonomis dan universal terjadi pada **Gambar 1**.



**Gambar 1** Workflow Diagram

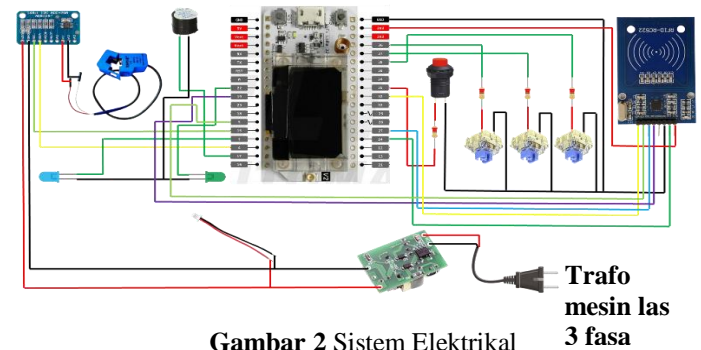
WiFi LoRa 32 V2 menerima berbagai jenis data untuk memastikan operasi mesin las yang lancar[8]. *Input* pertama berasal dari *push button*, yang menunjukkan lokasi mesin dalam bentuk nomor area (misalnya, Area 1, Area 2), yang dimasukkan oleh operator. Jenis data kedua adalah *RFID tag*, yang merupakan parameter identitas operator mesin dalam bentuk *Unique Identification (UID)*. Informasi ini diperoleh dari pembaca RFID, yang menangkap sinyal radio dari tag RFID yang menggunakan *interface SPI*[9]. *Input* ketiga berasal dari *current transducer*, yang mendeteksi status on/off mesin

las dengan mengukur arus[10] yang mengalir melalui komponennya. Sensor arus yang digunakan adalah *current transformer*[11], yang mengubah arus tinggi menjadi arus rendah[12] agar dapat dibaca oleh mikrokontroler. Pengumpulan data yang menyeluruh ini memungkinkan WiFi LoRa 32 V2 untuk mengelola dan mengontrol berbagai aspek dari proses pengelasan dengan lebih efektif.

Data tersebut kemudian dikirimkan ke *database MySQL* melalui gateway yang terhubung ke *cloud hosted server* menggunakan WiFi LoRa 32 V2[5]. *Cloud hosted server* ini *deploy* pada layanan hosting yang disediakan oleh Hostinger. Server ini dilengkapi dengan *database MySQL* [14], yang berfungsi sebagai pondasi penyimpanan data [13]. Setelah data tersimpan dalam *database MySQL*, data tersebut akan diolah [6][7] dan divisualisasikan melalui halaman web yang telah disediakan.

### B. Sistem Wiring Diagram

Sistem elektrik dalam penelitian ini diilustrasikan dalam **Gambar 2**. Berdasarkan desain tersebut, kontroler utama yang digunakan adalah Heltec WiFi LoRa 32 V2, yang bertugas mengaktifkan sensor arus dan komponen pendukung lainnya. Terdapat tiga push button yang disusun berderet, berfungsi untuk mendeklarasikan area berdasarkan input dari pengguna. MFRC522 berperan sebagai pembaca UID yang diperoleh dari tag RFID pengguna. Seluruh sistem akan ditenagai oleh tegangan yang berasal dari trafo yang telah di *stepdown* kepada tegangan aman untuk menenagai sistem.



**Gambar 2** Sistem Elektrikal

Trafo  
mesin las  
3 fasa

### C. Design of Experiments (DOE)

Sebagai langkah untuk mengubah mekanisme *monitoring* mesin las dari metode konvensional menjadi lebih modern dan praktis, serta untuk menyediakan platform visualisasi yang efektif, dilakukan pengujian-pengujian untuk mencapai tujuan tersebut dengan menerapkan fungsionalitas *Internet of Things (IoT)* [19].

Penelitian ini mengajukan dua hipotesis utama terkait tingkat keberhasilan modul dalam mentransmisikan data. Hipotesis Nol ( $H_0$ ) menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan dalam keberhasilan transmisi data antara kelompok eksperimen [17], yang berarti modul memiliki tingkat keberhasilan yang serupa di semua kelompok. Sebaliknya, Hipotesis Alternatif ( $H_1$ ) menyiratkan adanya perbedaan signifikan dalam keberhasilan transmisi data antara kelompok eksperimen [17]. Analisis terhadap hipotesis ini bertujuan untuk memahami pengaruh modul terhadap keberhasilan transmisi data dalam

konteks pemantauan mesin las.

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.

**Tabel I** menunjukkan implementasi *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.

TABEL I  
FULL FACTORIAL DESIGN

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

#### D. Analysis of Variance (ANOVA)

Setelah mengumpulkan data yang diperlukan dari eksperimen, langkah selanjutnya adalah menganalisis data tersebut untuk mendapatkan kesimpulan terkait hipotesis yang telah diutarakan. Proses analisis ini bertujuan untuk menentukan apakah data mendukung Hipotesis Nol ( $H_0$ ) atau Hipotesis Alternatif ( $H_1$ ) dan memberikan pemahaman mengenai keberhasilan transmisi data dalam konteks pemantauan mesin las.

Metode analisis data yang akan digunakan adalah ANOVA (*Analysis of Variance*), yang merupakan metode statistik untuk menilai signifikansi faktor-faktor yang telah ditetapkan serta interaksinya terhadap variabel respons yang ada [17]. ANOVA akan membantu memahami pengaruh faktor seperti jarak dan interferensi terhadap keberhasilan transmisi data hasil pemantauan mesin las.

Dalam analisis ANOVA, kalkulasi *p-value* dan *F-ratio* akan dilakukan untuk menentukan apakah Hipotesis Nol ( $H_0$ ) akan diterima atau ditolak. Jika *p-value* dari analisis lebih besar dari tingkat signifikansi yang telah ditentukan (0,05), maka Hipotesis Nol akan diterima dan Hipotesis Alternatif ( $H_1$ ) ditolak [18]. Sebaliknya, jika *p-value* lebih kecil atau sama dengan 0,05, Hipotesis Nol akan ditolak dan Hipotesis Alternatif akan diterima.

Setelah dilakukan analisis data menggunakan metode ANOVA, langkah berikutnya adalah interpretasi hasil untuk mendapatkan *output* yang dapat dipahami. Interpretasi ini didasarkan pada kesimpulan dari kalkulasi *p-value* dan *F-ratio* [17]. Jika *p-value* lebih besar dari 0,05, berarti tidak ada perbedaan signifikan yang diakibatkan oleh faktor-faktor yang telah ditentukan terhadap keberhasilan transmisi data hasil pemantauan mesin las[18]. Ini menunjukkan bahwa faktor-faktor tersebut tidak mempengaruhi keberhasilan transmisi data. Sebaliknya, jika *p-value* kurang dari 0,05, maka terdapat perbedaan signifikan yang disebabkan oleh salah satu faktor

yang telah ditentukan dalam pengujian transmisi data[18]. Indikasi ini menunjukkan bahwa setidaknya ada satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan transmisi data.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

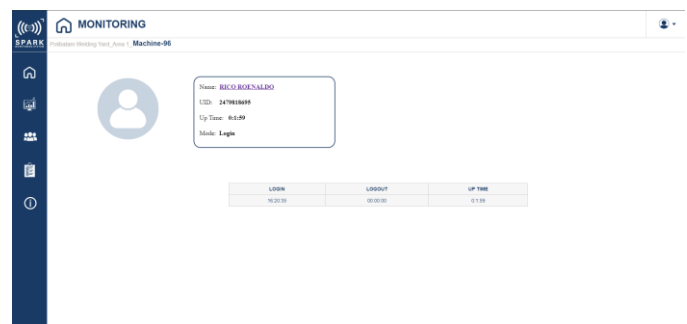
#### A. Produk

Hasil penelitian ini terwujud dalam bentuk produk rekapitulasi penggunaan mesin las, seperti yang ditampilkan pada **Gambar 3**. Dari segi tampilan, produk ini dilengkapi dengan tiga push button yang berfungsi untuk menentukan lokalisasi, sebuah layar yang menampilkan informasi terkait penggunaan mesin las, dan area khusus untuk melakukan tapping RFID. Produk ini merangkum elemen-elemen kunci yang diperlukan untuk memantau dan mengelola penggunaan mesin las, dengan desain yang nyaman dan informatif bagi pengguna.



**Gambar 2** Tampilan Produk

Selain dalam bentuk *hardware*, hasil penelitian ini juga mencakup *software* dengan antarmuka yang ramah pengguna dan menyajikan informasi dengan kemudahan akses. Desain tampilan *software* dapat dipelajari lebih lanjut melalui **Gambar 3**. *Software* ini dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif, memudahkan akses informasi terkait penggunaan mesin las. Dengan antarmuka yang *user-friendly*, *software* ini diharapkan dapat memberikan kontribusi positif terhadap efisiensi dan kegunaan sistem secara keseluruhan.



**Gambar 3** Tampilan User Interface (UI)

#### B. Data Hasil Penelitian

Tersaji pada **Tabel II** merupakan tabel *Design of Experiments* (DOE) dengan tipe *full factorial design*[15] yang

digunakan sebagai titik berat dari penelitian ini. Tabel tersebut merepresentasikan semua faktor yang mempengaruhi keberhasilan transmisi data mesin las dengan setiap faktor tersebut dilakukan pengujian sebanyak 20 kali transmisi.

Pada **Tabel II**, Kondisi A menggambarkan lingkungan dengan *Line of Sight*, di mana instrumen diuji dengan mesin las tanpa adanya interferensi terhadap koneksi internet. Sebaliknya, Kondisi B merupakan lingkungan uji di mana instrumen diletakkan di tengah-tengah mesin las yang sedang aktif digunakan. Sementara itu, pada Kondisi C, instrumen diuji dengan koneksi internet yang ditempatkan di ruangan terpisah.

TABEL II  
DATA FULL FACTORIAL DESIGN

Jarak (m)	Kondisi A	Kondisi B	Kondisi C
10			
20			

Hasil penelitian terkait keberhasilan transmisi data mesin las, dengan mempertimbangkan faktor-faktor tertentu, dapat ditemukan secara rinci pada **Tabel III**. Tabel ini memberikan gambaran komprehensif mengenai performa transmisi data, serta menunjukkan sejauh mana faktor-faktor yang diuji berkontribusi terhadap kesuksesan transfer data dalam konteks penggunaan mesin las.

TABEL III  
FULL FACTORIAL DESIGN TOTAL IDENTIFICATION

Jarak (m)	Kondisi A (%)			Kondisi B (%)			Kondisi C (%)			
10	100	100	100	85	80	90	70	85	70	780
20	30	45	40	80	80	85	15	45	30	450
	Sum = 415			Sum = 500			Sum = 315			G = 1230

Data hasil penelitian akan diolah menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam. Rincian pengolahan data ini dapat diakses pada **Tabel IV**. Melalui ANOVA, diharapkan dapat teridentifikasi perbedaan signifikan antara kelompok data yang diuji, memberikan wawasan lebih dalam mengenai pengaruh faktor-faktor tertentu terhadap keberhasilan transmisi data mesin las. **Tabel IV** berfungsi sebagai instrumen analisis penting untuk memahami variasi dan signifikansi statistik dalam dataset penelitian ini.

TABEL IV

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		

Dari tabel ANOVA tersebut, dapat dikalkulasikan *p-value* dari penelitian tersebut. *Equation (1)* adalah kalkulasi *p-value* untuk primer. Kemudian *Equation (2)* merupakan kalkulasi *p-value* untuk metode, dan *Equation (3)* adalah kalkulasi *p-value* untuk interaksi.

$$F_{(df_{\text{primer}}, df_{\text{error}})}(f - \text{ratio}_{\text{primer}}) = F_{1,12}(92.6) \quad (1)$$

$$p - \text{value} < 0.0001$$

$$F_{(df_{\text{metode}}, df_{\text{error}})}(f - \text{ratio}_{\text{metode}}) = F_{2,12}(21.87) \quad (2)$$

$$p - \text{value} = 0.0001$$

$$F_{(df_{\text{metode}}, df_{\text{error}})}(f - \text{ratio}_{\text{metode}}) = F_{2,12}(21.87) \quad (3)$$

$$p - \text{value} = 0.000128$$

Berdasarkan analisis ANOVA, nilai *p-value* yang dihasilkan dari *f-ratio* pada faktor primer, metode, dan interaksi menunjukkan penolakan Hipotesis Nol untuk masing-masing faktor. Pada faktor primer, dengan nilai *p-value* < 0.0001, disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antar kelompok yang dibandingkan, sehingga hipotesis alternatif diterima [16], hal ini menunjukkan ada setidaknya satu faktor yang memengaruhi transmisi data mesin las. Hal serupa terjadi pada faktor metode dengan nilai *p-value* 0.0001, serta pada faktor interaksi dengan nilai *p-value* 0.000128, yang menegaskan bahwa terdapat faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan transmisi data mesin las. Analisis ini memberikan wawasan penting mengenai dampak variabel-variabel tersebut terhadap variabel respons.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menyimpulkan bahwa instrumen akuisisi data untuk monitoring mesin las yang dirancang dan dibuat berhasil beroperasi dengan baik dan efisien dalam mengumpulkan data yang diperlukan. Faktor-faktor yang mempengaruhi transmisi data teridentifikasi sebagai faktor primer (jarak instrumen dari sumber jaringan), faktor metode (lingkungan untuk mengakuisisi data mesin las), dan faktor interaksi (interaksi antara faktor primer dan metode). Analisis juga menunjukkan bahwa platform visualisasi hasil rekapitulasi mesin las telah dirancang secara *user-friendly* dan siap digunakan. Kesimpulan ini memberikan gambaran positif mengenai keberhasilan instrumen akuisisi data dan efektivitas platform visualisasi dalam mendukung monitoring mesin las.

Sebagai catatan untuk penelitian ini, penulis merekomendasikan adanya analisis mendalam dan potensi perubahan pada komponen instrumen, dengan tujuan

meningkatkan kualitas variabel respons yang telah ditetapkan. Selain itu, disarankan untuk mengeksplorasi metode-metode baru yang dapat diterapkan guna meningkatkan efisiensi dan keefektifan instrumen akuisisi data hasil monitoring mesin las dalam pengembangan masa depan. Upaya ini diharapkan dapat memperbaiki dan mengoptimalkan performa instrumen serta memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kualitas hasil penelitian.

#### REFERENCES

- [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.
- [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.
- [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.
- [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.
- [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.
- [7] S. Yoo and T. Kim, "Industrial Wireless Sensor Networks: Protocols and Applications," *Sensors*, vol. 20, no. 20, p. 5809, 2020.
- [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.
- [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.
- [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. Iu, and L. J. Borle, "Current sensing techniques: A Review," *IEEE Sensors Journal*, vol. 9, no. 4, pp. 354–376, 2009.
- [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.
- [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.
- [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.
- [18] P. Schober and T. R. Vetter, "Analysis of variance in Medical Research," *Anesthesia & Analgesia*, vol. 131, no. 2, pp. 508–509, 2020.
- [19] 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.