

Alat Bantu Training Elektronika Berbasis *Internet Of Things* Dengan Logika Fuzzy Menggunakan Nodemcu

**Agus Dendi Rochendi¹; Irfan Kampono²; Muhamad Husni³; Raden Sutiadi⁴;
Lukman Medriavin Silalahi⁵; Rachmatullah⁶**

^{1, 2, 3} Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jakarta 14430, Indonesia

⁴ Pusat Penelitian Limnologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Bogor 16911, Indonesia

^{5, 6} Departemen Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana Jl. Raya, RT.4/RW.1, Meruya Sel., Kec. Kembangan, Jakarta, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 11650, Indonesia

¹ agus.dendi.rochendi@lipi.go.id

⁵ lukman.medriavin@mercubuana.ac.id;

ABSTRACT

Electronic training activities are still carried out conventionally, namely through a face-to-face system. The trainer has to check the trainees' measurement scores manually, this takes a long time. In addition, during the Covid-19 pandemic, human interaction is limited. Therefore it is necessary to make a tool that can help the training process. The proposed IoT-based electronic training tool uses nodeMCU, with a MySQL database system using IoT (Internet of Things) technology. Data communication media uses Wifi (IEEE 802.11n) with nodeMCU 8266 and INA219 sensors. The data is directly displayed through the internet browser media(PHP). From the results of our research, this tool can monitor the implementation of training for a distance of 8 meters and the sensor response time is less than 1 second. The sensor sensitivity level reaches 99.01% with a measurement accuracy of 0.01. With this tool, checking measurement results can be done quickly and can be done from anywhere.

Keywords: NodeMCU, INA219 Current Sensor, Training Assessment Applications, IoT, MySQL, PHP

ABSTRAK

Kegiatan pelatihan elektronik masih dilakukan secara konvensional yaitu melalui sistem tatap muka. Trainer harus secara manual mengecek nilai pengukuran trainee, hal tersebut membutuhkan waktu yang lama, Selain itu kondisi pandemi Covid-19 interaksi antar manusia dibatasi. Oleh karena itu perlu dibuat alat yang bisa membantu proses training tersebut. Alat bantu pelatihan elektronik berbasis IoT yang diusulkan menggunakan nodeMCU, dengan sistem database MySQL menggunakan teknologi IoT (Internet of Things). Media komunikasi data menggunakan Wifi (IEEE 802.11n) dengan sensor nodeMCU 8266 dan INA219. Data langsung ditampilkan melalui media internet browser(PHP). Dari hasil penelitian yang kami lakukan, alat ini dapat memantau pelaksanaan pelatihan untuk jarak 8 meter dan waktu respon sensor kurang dari 1 detik. Tingkat sensitivitas sensor mencapai 99,01% dengan akurasi pengukuran 0,01. Dengan alat ini, pengecekan hasil pengukuran dapat dilakukan dengan cepat dan dapat dilakukan dari mana saja.

Kata kunci: NodeMCU, INA219 Current Sensor, Training Assessment Applications, IoT, MySQL, PHP

1. PENDAHULUAN

Pelatihan (training) adalah proses mengajar keterampilan yang dibutuhkan karyawan baru dan lama untuk melakukan pekerjaannya [1]. Permasalahan training di perusahaan (misalnya training elektronika) yaitu masih dilakukan dengan metode manual dimana proses belajar mengandalkan pada sistem tatap muka antara peserta training (trainee) dan pengajar (trainer) seperti di sekolah maupun kampus. Dengan proses belajar seperti ini maka keterbatasan kapasitas alat dan ruangan menjadi kendala, ditambah lagi diperlukan pengawasan yang terus menerus pada setiap trainee [2].

Pada kondisi pandemi saat ini, pelatihan tatap muka yang mengharuskan trainer berhadapan dengan trainee beresiko karena bahaya terpapar virus menjadi lebih tinggi akibat interaksi langsung yang terkadang sangat berdekatan ketika mencontohkan melakukan pekerjaan maupun pengawasan terhadap trainee. Protokol kesehatan saat ini mengharuskan jarak aman antara 2 orang adalah lebih dari 1 meter sehingga metode belajar dengan sistem lama perlu diperbaiki [3].

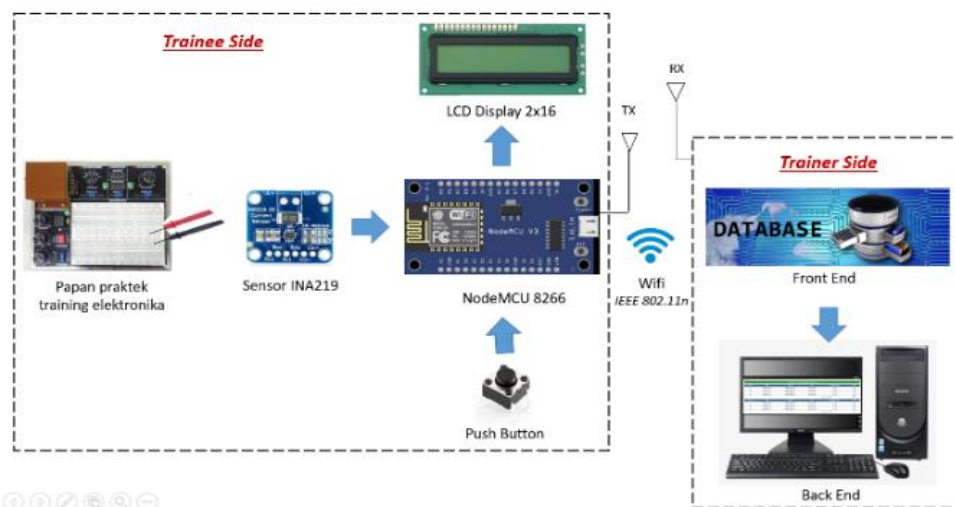
Peralatan yang memadai dapat membantu kelancaran proses belajar mengajar walaupun dilakukan dalam bentuk jarak jauh atau online learning [4]. Tujuan dari makalah ini adalah merancang bangun alat bantu praktek yang memungkinkan trainee melatih keterampilan dengan pengawasan jarak jauh oleh trainer[5][6].

2. METODE/PERANCANGAN PENELITIAN

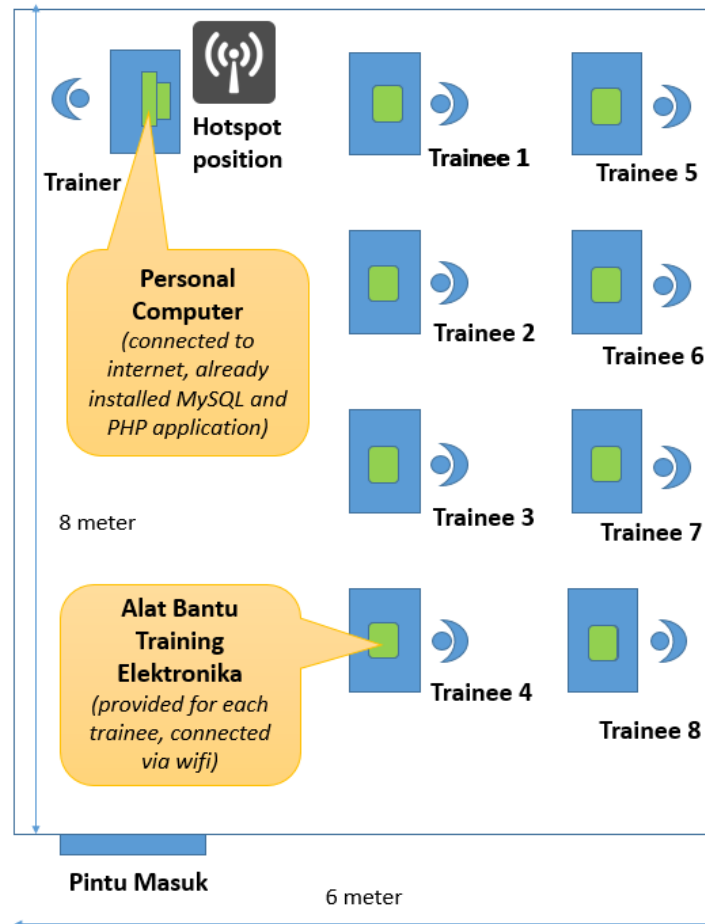
Pada penelitian ini menggunakan metode rancang bangun berdasarkan kondisi pelatihan pengukuran listrik dan elektronika di Training Center PT Denso Indonesia [7][8]. Dalam metode penelitian ini dibuatlah tahapan rancang bangun yaitu tahap perancangan, tahap pembuatan dan tahap pengujian. Keberhasilan dari peralatan diperoleh dengan observasi dan pengujian.

2.1. Diagram Blok Sistem

Gambar 1 merupakan diagram blok dari sistem alat monitoring hasil tes praktek berbasis *Internet of Things* yang dirancang bangun. Pada alat ukur ditambahkan sensor arus dan tegangan yang menjadi input bagi nodeMCU [9][10]. Data dari nodeMCU dikirimkan melalui modul Wifi dengan sebelumnya memberi identitas nama dari setiap trainee, nomor pokok karyawan, dan departemen dikarenakan jumlah peserta training yang lebih dari 1 sehingga perlu membedakan data yang diterima dari setiap peserta. Di bagian komputer trainer dibuat formula untuk menghitung range pengukuran peserta dengan toleransi penilaian untuk dikalkulasikan menjadi nilai praktek [11][12].



Gambar 1. Diagram blok sistem



Gambar 2. Tata letak ruangan training elektronika

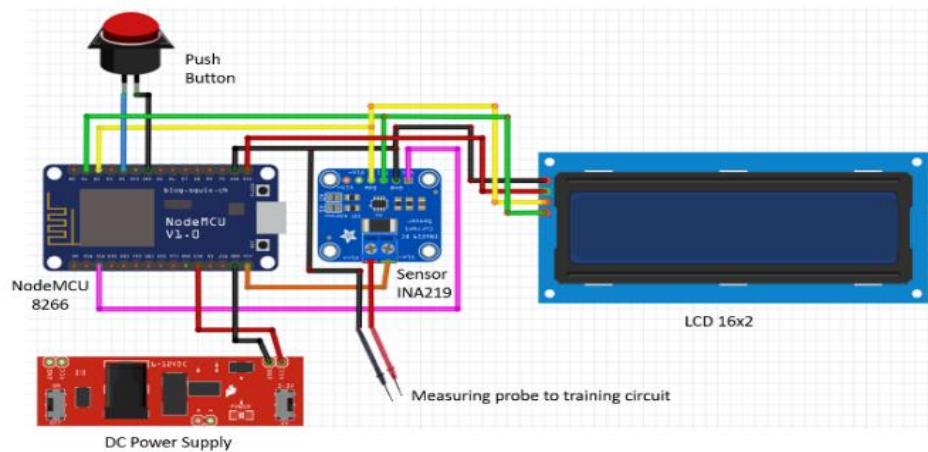
Gambar 2 menunjukkan posisi trainer dan trainee dalam ruangan training berukuran 6 x 8 meter. Posisi meja antar trainee berjarak 1 meter dengan stop kontak 110 dan 220 VAC di setiap mejanya yang diisi oleh 1 orang trainee dengan jumlah maksimal 8 orang. Pada kondisi pandemi sekarang ini antara trainer dan trainee tidak diperkenankan untuk berinteraksi dengan jarak kurang dari 1 meter.

2.2. Perancangan Sistem

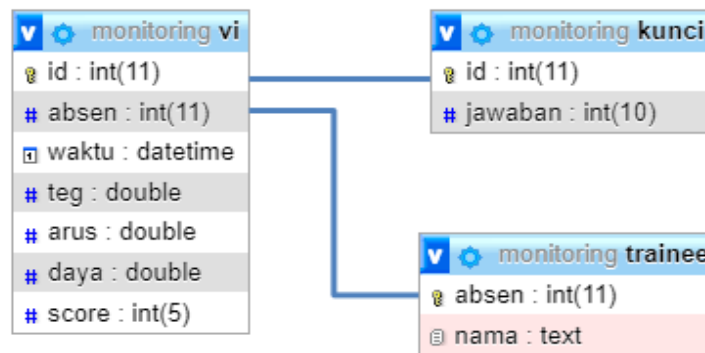
Rangkaian di bawah ini adalah mengirim data berupa parameter arus dan tegangan yang dibaca oleh sensor INA219 yang masuk ke NodeMCU [13][14]. Jadi bebannya berupa NodeMCU sendiri [15][16]. Untuk keperluan penelitian beban ukurnya menggunakan rangkaian yang dibuat oleh peserta training.

Gambar 3 menunjukkan bahwa nodeMCU memberikan parameter arus dan tegangan kepada sensor secara terus menerus dan output dari sensor dimasukkan kembali ke input nodeMCU yang diolah dan ditransmisikan melalui jaringan Wifi untuk diterima pada komputer trainer berupa data pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk tampilan website.

Selanjutnya adalah membuat database-nya terlebih dahulu (MySQL), kemudian kemudian di-import-kan ke server XAMPP (database). Untuk satuan nya: tegangan = V dan arus = mA. Kemudian membuat file PHP sebagai jembatan pengirim dari NodeMCU ke database. Di dalam folder htdocs (XAMPP) membuat folder monitorVI (contoh), di sinilah disimpan file PHP untuk update data ke database-nya [17][18].



Gambar 3. Diagram pengabelan sistem



Gambar 4. Database MySQL

Gambar 4 merupakan isi dari database MySQL yang di-update sesuai dengan waktu pengambilan data untuk kemudian nantinya diolah dan ditampilkan pada file PHP. Pengolahan data dilakukan untuk membandingkan nilai pengukuran dengan standar yang diperbolehkan saat ujian praktek sehingga dikonversi menjadi *training score*.

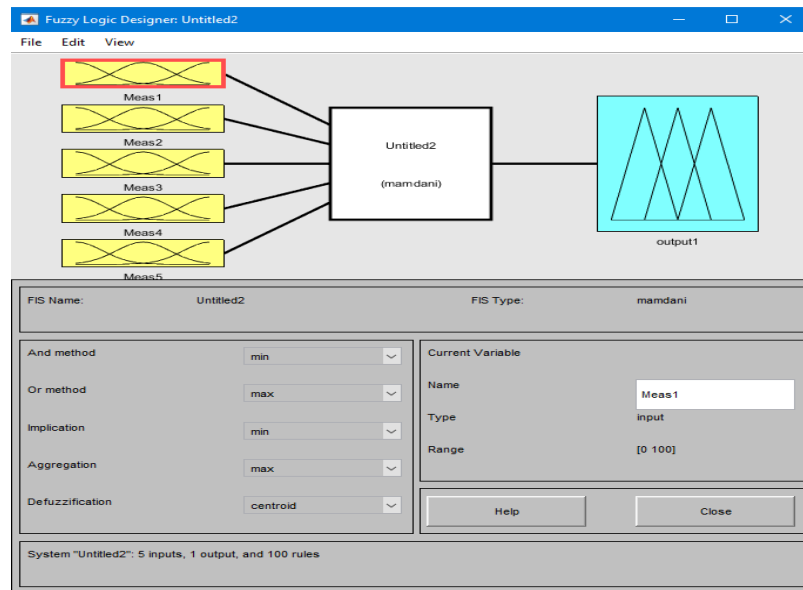
2.3. Fuzzy Logic

Untuk menguji *grading score* pada *coding* PHP maka dilakukan pengujian dengan menggunakan logika fuzzy pada MATLAB yang diatur sebagai berikut:[19]

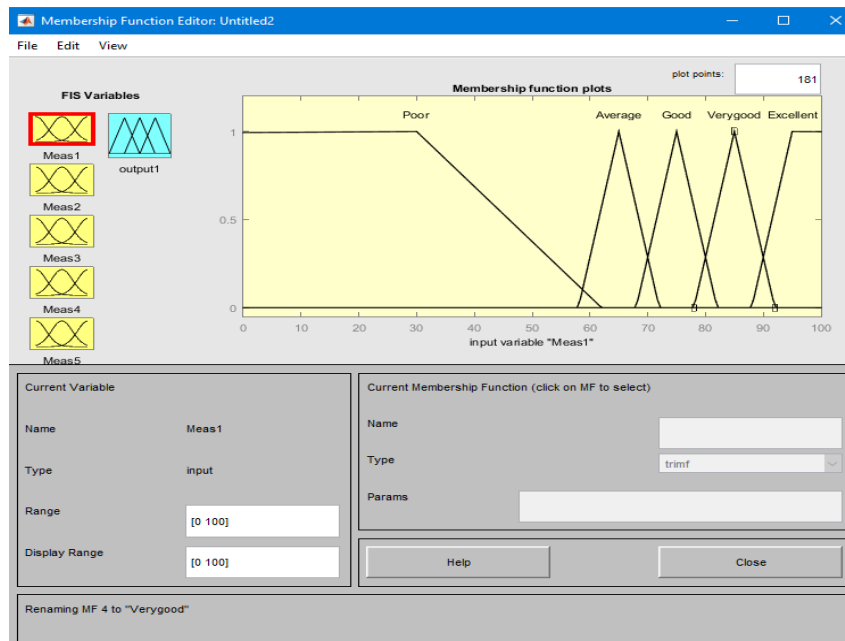
Gambar 5 menunjukkan *input* logika fuzzy menggunakan 5 *item data* dimana didefinisikan sebagai hasil pengukuran dari peserta *training*. Jenis logika yang digunakan adalah Mamdani dan dihasilkan 1 *item output* pada bagian akhir simulasi. Untuk menampilkan Fuzzy Interference System (FIS) pada MATLAB ketikkan perintah “fuzzy” pada *Command Window*.

Untuk memunculkan window pada gambar 6, pilih *menu Edit* kemudian *Membership Function* untuk setting kategori nilai yang dimasukkan. Terdapat 5 jenis *grading* nilai yang sudah diatur sesuai rentang yang ditetapkan, yaitu:

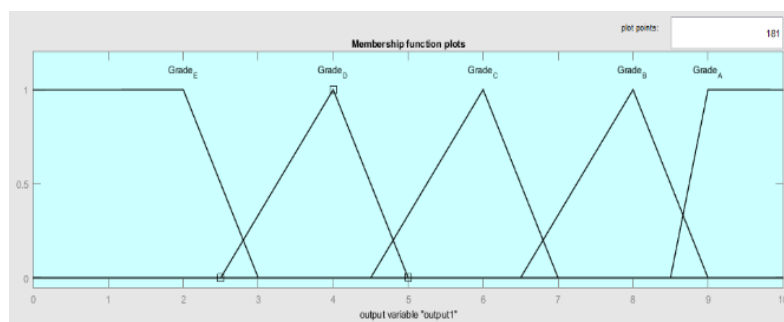
1. *Poor* : 0-62
2. *Average* : 58-72
3. *Good* : 68-82
4. *Very Good* : 78-92
5. *Excellent* : 98-100



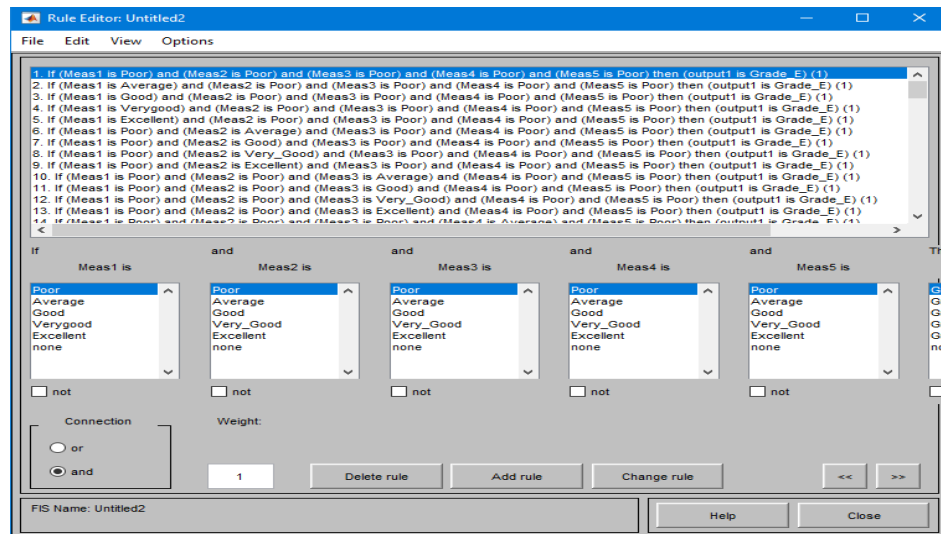
Gambar 5. Fuzzy logic designer



Gambar 6. Membership function input



Gambar 7. Membership function output



Gambar 8. Fuzzy rule MATLAB

Gambar 7 menunjukkan tampilan *grading output* dalam bentuk abjad dengan memilih kotak *output 1* sehingga muncul rentang dalam bentuk skala 1 – 10. Hal ini digunakan untuk menguji *grade* nilai yang diperoleh dengan memasukan nilai pengukuran pada *input*.

Gambar 8 Menampilkan aturan pengambilan nilai dengan memilih *menu Edit* kemudian *Rules*. Terdapat kombinasi dari semua kondisi (*poor, average, good, very good, excellent*) pada setiap pengukuran untuk dilakukan *judgement* oleh logika fuzzy yang telah dibuat.

2.4. Perhitungan

Dalam perhitungan statistika, rata-rata hitung (atau sering disebut dengan rata-rata) merupakan suatu bilangan tunggal yang dipergunakan untuk mewakili nilai sentral dari sebuah distribusi. Perumusan yang lazim dipergunakan untuk menghitung nilai rata-rata adalah sebagai berikut:[20]

$$\bar{X} = \left(\sum x \right) / N \quad (1)$$

Dimana:

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata

$\sum x$ = Jumlah data

N = Banyak data

Arus dan daya yang mengalir ke beban sensor INA219 dapat dihitung menggunakan rumus langsung dari nilai yang dibaca dari tegangan shunt dan bus register, yaitu: [21][22][23]

$$Arus (A) = \frac{Tegangan\ shunt\ register \times 10\mu V}{Tahanan\ shunt} \quad (2)$$

$$Power (W) = Arus \times Tegangan\ bus\ register \times 4mV \quad (3)$$

Dimana :

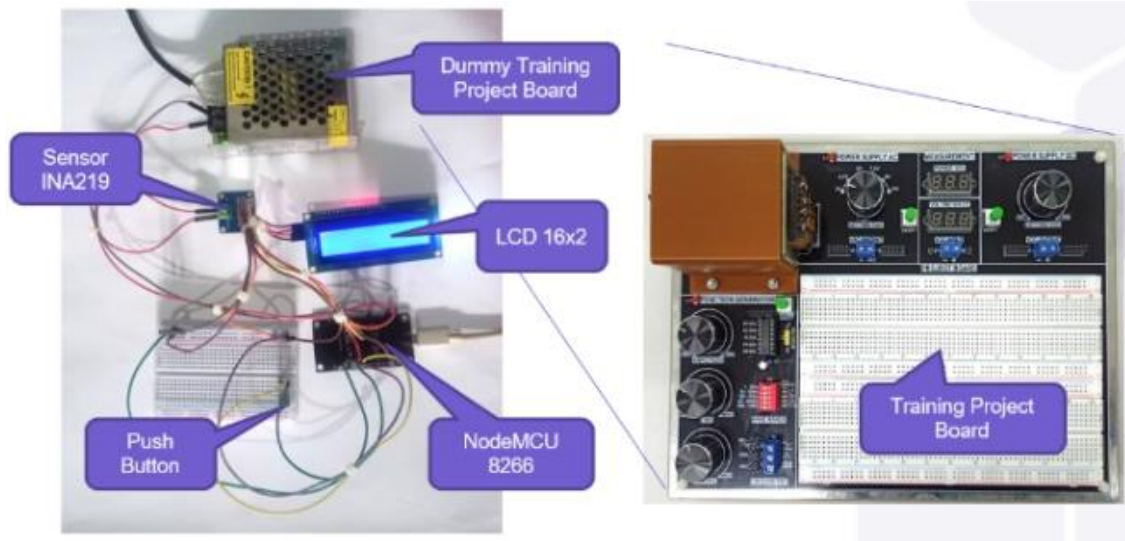
Tegangan *shunt register* = tegangan eksternal untuk pengukuran pada *register* (Volt).

Tegangan *bus register* = tegangan pembawa pada *register* (Volt).

Tahanan *shunt* = hambatan eksternal yang dipasang pada sensor untuk mengukur/membatasi kuat arus dan tegangan (Ohm).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 9. memperlihatkan hasil perancangan alat purwarupa dengan komponen *project board*, sensor INA219, nodeMCU 8266, dan komputer *trainer* sebagai *server* dan tampilan data.



Gambar 9. Alat bantu *training* elektronika

3.1. Hasil Pengujian Time Respond dan Sensitivitas Sensor

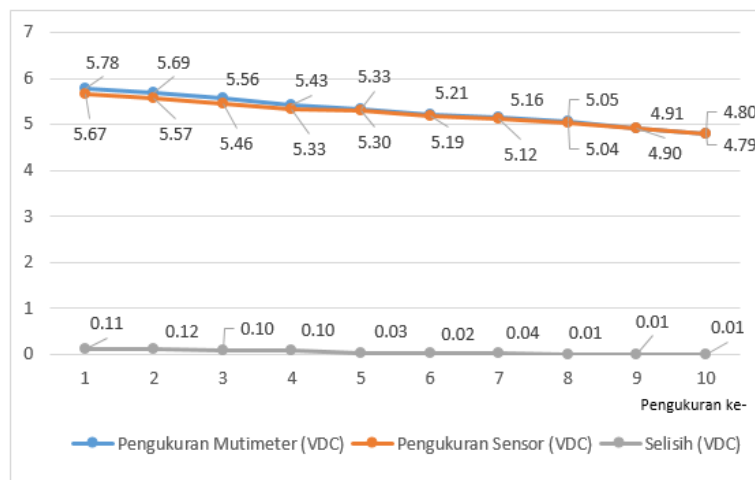
Tabel 1 Menunjukkan hasil percobaan sebanyak 10 kali pengukuran dengan rentang tegangan dari 4.8 – 5.7 VDC dengan perubahan tegangan sebesar 0.1 VDC di setiap hasil pengukuran. Posisi pengukuran multimeter dilakukan dengan posisi kontinu (menempel di titik ukur), begitu pun dengan sensor pada nodeMCU sehingga didapatkan hasil yang *real time*. Perubahan tegangan dilakukan dengan mengatur nilai tegangan pada sumber *input*-nya. Hal ini dapat dianalisis bahwa perubahan hasil sensor (*response time*) terjadi kurang dari 1 detik ketika terjadi perubahan nilai pengukuran

Tabel 1. Pengukuran *response time* dan sensitivitas sensor

No	Pengukuran Multimeter (VDC)	Pengukuran Sensor (VDC)	Selisih (VDC)	Persentase Kesalahan Sensor
1	5,78	5,67	0,11	1,9
2	5,69	5,57	0,12	2,1
3	5,56	5,46	0,10	1,8
4	5,43	5,33	0,10	1,8
5	5,33	5,30	0,03	0,6
6	5,21	5,19	0,02	0,4
7	5,16	5,12	0,04	0,8
8	5,05	5,04	0,01	0,2
9	4,91	4,90	0,01	0,2
10	4,80	4,79	0,01	0,2

Catatan: Lama waktu perubahan setiap pengukuran yang dibaca sensor kurang dari 1 detik

Teg (VDC)



Gambar 10. Pengukuran sensitivitas sensor

Gambar 10 Menunjukkan perbandingan hasil pengukuran sensor dan multimeter, hasil ini menunjukkan perbedaan yang kecil sehingga hampir mendekati nilai yang sebenarnya. Dapat dilihat pada selisih pengukuran sensor INA219 dan multimeter yang rata – rata hanya 0.055 volt. Dari hasil perhitungan dengan persamaan 1 maka dapat diperoleh Rata-rata kesalahan sensor = 0,99%, Akurasi sensor = 99,01%. Dari hasil tersebut dapat dianalisis bahwa sensor INA219 yang digunakan untuk pengukuran rangkaian elektronika masih memenuhi standar toleransi penilaian sebesar 5% dengan penyimpangan tegangan sebesar + 0.2 VDC. Pada *coding* logika fuzzy disesuaikan *range* penilaian untuk peserta yang terdiri kategori *poor*, *average*, *good*, *very good*, dan *excellent*.

3.2. Pengujian DHT11

Gambar 11 menunjukkan data pengukuran yang sudah masuk ke *database* sesuai dengan waktu pengukuran dan *trainee* yang disimpan pada tabel vi. Kolom absen merupakan identitas *trainee* yang diambil dari tabel *trainee* untuk menghindari perubahan dengan perintah SQL yaitu *join trainee on trainee.absen = vi.absen*. Pada *table* sudah tersedia perbandingan hasil pengukuran dengan kunci jawaban sehingga muncul *score* yang dibuat dengan *coding* PHP pada *program* VS Code.

	id	absen	waktu	teg	arus	daya	skor
Ubah	103	1	2021-07-17 20:45:04	5.14	77.4	0	15
Ubah	102	1	2021-07-17 20:45:02	5.14	80.4	0	15
Ubah	101	1	2021-07-17 20:45:01	5.09	80.1	0	15
Ubah	100	1	2021-07-17 20:45:00	5.12	75	0	15
Ubah	99	1	2021-07-17 20:45:58	5.16	75.1	0	15
Ubah	98	2	2021-07-17 20:39:35	5.13	81.3	0	15
Ubah	97	2	2021-07-17 20:39:33	5.12	75.8	0	15
Ubah	96	2	2021-07-17 20:39:32	5.22	75.9	0	15
Ubah	95	2	2021-07-17 20:39:30	5.16	95.7	0	15
Ubah	94	2	2021-07-17 20:39:26	5.18	94.8	0	15

Gambar 11. Database MySQL

3.3. Tampilan PHP dengan Web Browser

Gambar 12 menunjukkan hasil akhir (*summary*) nilai dari masing – masing *trainee* yang ditampilkan dalam bentuk halaman *web*. Dengan mengakses *local host* pada *browser* maka *data* pengukuran dapat diketahui. Tentu saja perlu untuk mengaktifkan layanan *server local* seperti XAMPP sebagai perantara antara *database* *mySQL* dan jaringan *internet*. Alamat *website* pada percobaan ini adalah <http://localhost/monitor/view.php>.



Penilaian Training Elektronika					
Absen	Nama	Tanggal	Jam	Tegangan(V)	Score
1	Peserta 1	2021-07-17	20:46:04	6.14	15
1	Peserta 1	2021-07-17	20:46:02	6.14	15
1	Peserta 1	2021-07-17	20:46:01	6.09	15
1	Peserta 1	2021-07-17	20:46:00	6.12	15
1	Peserta 1	2021-07-17	20:45:58	6.16	15
TOTAL SCORE					75
Absen	Nama	Tanggal	Jam	Tegangan(V)	Score
2	Peserta 2	2021-07-17	20:39:35	6.13	15
2	Peserta 2	2021-07-17	20:39:33	6.12	15
2	Peserta 2	2021-07-17	20:39:32	6.22	15
2	Peserta 2	2021-07-17	20:39:30	6.16	15
2	Peserta 2	2021-07-17	20:39:26	6.18	15
TOTAL SCORE					75

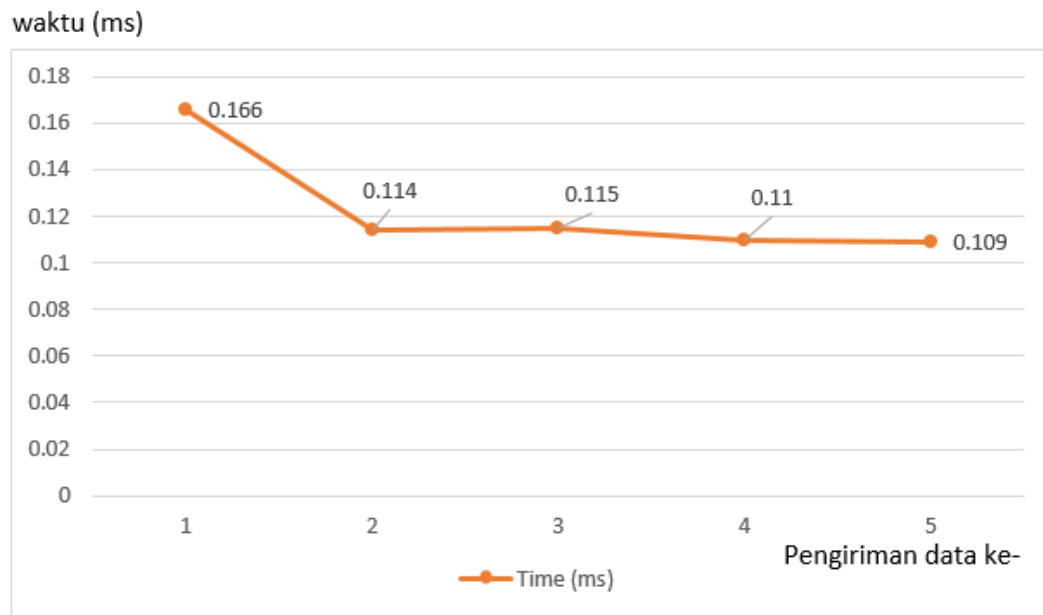
Gambar 12. Tampilan pada komputer trainer

3.4. Pengukuran Kecepatan Pengiriman Data

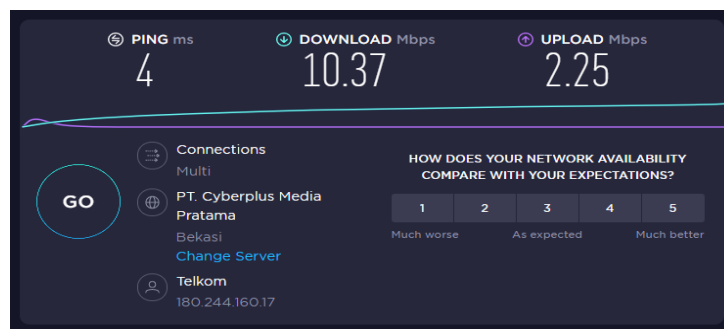
Untuk mengetahui lamanya waktu yang diperlukan oleh *data* mulai dari pengukuran oleh *trainee* pada *circuit board* sampai muncul nilai pada layar *monitor* komputer *trainer* maka dilakukan percobaan yang ditunjukkan pada tabel 2. Percobaan yang dilakukan sebanyak 5 kali pengiriman *data* dengan jumlah paket *data* yang sama dan terjadi peningkatan kecepatan dari saat pertama kali *data* dikirimkan. Aplikasi yang digunakan untuk mengukur kecepatan pengiriman *data* ini adalah *Ping Tool* yang melakukan simulasi pengiriman *data* ke *local server* dengan IP 127.0.0.1.

Tabel 2. Pengukuran kecepatan transfer data

ID		Data Size (bytes)	Time (ms)
1		64	0,166
2		64	0,114
3		64	0,115
4		64	0,110
5		64	0,109



Gambar 13. Pengukuran kecepatan transfer data



Gambar 14. Pengukuran kecepatan upload/download WiFi

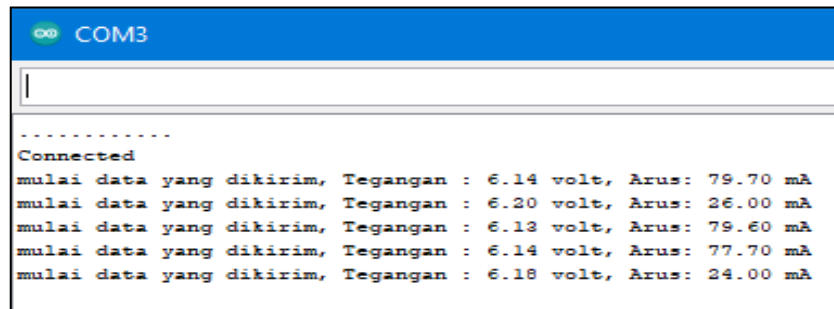
Gambar 13 menunjukkan bahwa kecepatan transfer data yang terjadi adalah di bawah 1 ms, sehingga dapat disimpulkan *delay* yang terjadi ketika pengiriman data kurang dari 1 detik sehingga tidak akan merugikan peserta *training* dikarenakan adanya pembatasan waktu untuk melakukan pengukuran atau ujian praktek. Pengiriman data terhambat jika terjadi gangguan pada jaringan wifi atau komputer *trainer* bermasalah dengan internet.

Gambar 14 merupakan hasil dari melakukan pengecekan kecepatan WiFi yang digunakan menggunakan situs www.speedtest.net untuk melihat kondisi jaringan internet. Dari hasil percobaan terlihat kecepatan *download* data lebih baik dibandingkan *upload* dengan pengiriman sinyal selama 4ms. Untuk menghindari *delay* pada saat ujian praktek sebaiknya tidak menggunakan jaringan internet untuk proses *download* data lain atau melakukan *streaming video* sehingga akan bermasalah pada pengiriman data dari nodeMCU walaupun paket data yang digunakan berukuran kecil (64 bytes).

3.5. Serial Monitor

Gambar 15 berisi data yang dihasilkan ketika melakukan pengukuran sebanyak 5 kali oleh nodeMCU. Fasilitas ini hanya untuk memastikan data pengukuran sudah terkirim oleh karena itu diperiksa password Wifi dan alamat IP yang ditulis di coding Arduino. Sesuai dengan persamaan 2

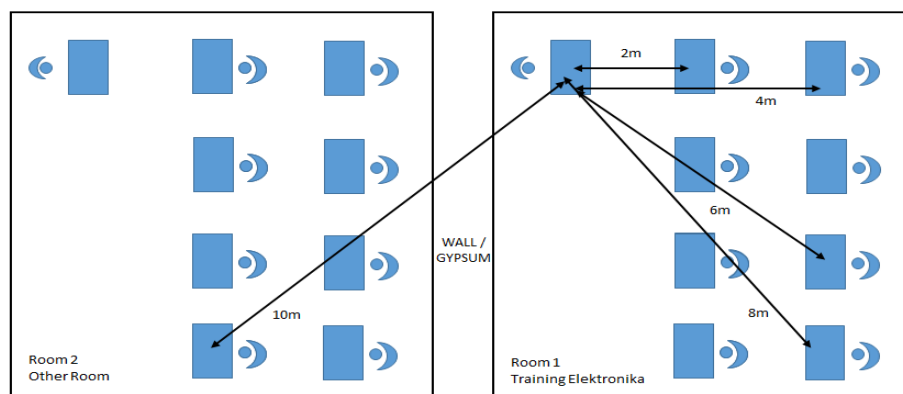
dan 3 maka diperoleh Arus = $6.18 \times 10 \mu\text{V} / 33 \text{ Ohm} = 1.9 \times 10^{-6} \text{ A}$ dan Daya = $1.9 \times 10^{-6} \text{ A} \times 4 \text{ mV} = 7.6 \text{ mW}$



Gambar 15. Tampilan serial monitor nodeMCU

3.6. Pengukuran Jarak Maksimal Transmit Data

Gambar 16 menunjukkan tata letak ruangan *training* dan posisi pengujian dengan 5 posisi yang berbeda. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah terjadi gangguan atau kendala pada saat ujian praktek. Terdapat 1 pengujian yang dilakukan pada posisi di luar area *training* elektronika (di ruangan lain di sebelah ruangan *training* elektronika) untuk menguji kekuatan sinyal WiFi.



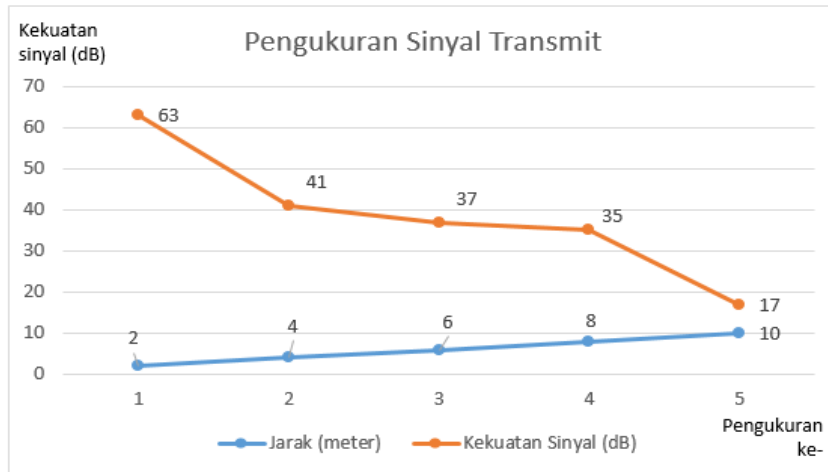
Gambar 16. Pengukuran kekuatan sinyal wifi

Tabel 3 menunjukkan hasil percobaan, didapatkan kekuatan sinyal dari 5 posisi berbeda. Adapun satuan pengukuran yang digunakan adalah *minus (-) decible meter (-dBm)* yang artinya adalah nilai pelemahan dari sinyal yang dipancarkan oleh *hotspot*. Sehingga hasil akhir sinyal yang diperoleh adalah: $100 - \text{nilai pelemahan sinyal}$. Aplikasi yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal ini adalah “Pengukur Kekuatan Sinyal Wifi” pada handphone android.

Tabel 3. Pengukuran kekuatan sinyal WiFi

No	Jarak (m)	Pelemahan Sinyal (-dBm)	Kekuatan sinyal (dB)
1	2	37	63
2	4	59	41
3	6	63	37
4	8	65	35
5	10	83	17

Gambar 17 menunjukkan bahwa semakin jauh jarak *transmit* WiFi maka semakin lemah sinyal yang diterima. Pada pengukuran dengan jarak 10 meter dimana posisi ukur dibatasi oleh dinding maka terlihat penurunan yang drastis dikarenakan sifat sinyal wifi yang terpengaruh oleh penghalang berupa tembok, kayu, atau gypsum.



Gambar 17. Grafik pengukuran kekuatan sinyal

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Alat bisa di gunakan dengan respond time (waktu tanggap) yang dapat dicapai pada saat melakukan pengukuran kurang dari 1 detik. Nilai sensitivitas yang dapat dicapai oleh sensor adalah 99.01 %. Besarnya ketelitian yang dibaca oleh sensor yaitu 2 angka di belakang koma dan kelipatan hasil pengukuran 0.01. Delay (waktu tunda) yang terjadi pada saat transmisi kurang dari 1 detik sehingga bisa dikatakan tampilan data pada MySQL dan browser muncul secara real time dengan catatan konektivitas wifi stabil. Jarak maksimal transmisi alat untuk memancarkan sinyal adalah 8 meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih khusus pertama kepada Universitas Mercu Buana yang telah mendukung dalam penelitian kerjasama dalam negeri dan yang kedua kepada Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia dan Universitas Mohammad Husni Thamrin atas bantuan dan kerja sama selama penelitian ini. Mudah-mudahan akan selalu ada makalah penelitian di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. Elizar and H. Tanjung, "Pengaruh Pelatihan, Kompetensi, Lingkungan Kerja terhadap Kinerja Pegawai," *Maneggio J. Ilm. Magister Manaj.*, vol. 1, no. 1, pp. 46–58, 2018, doi: 10.30596/maneggio.v1i1.2239.
- [2] M. A. Rahman, R. Amarullah, and K. Hidayah, "Evaluasi Penerapan Model Pembelajaran E-Learning pada Pelatihan Dasar Calon Pegawai Negeri Sipil," *J. Borneo Adm.*, vol. 16, no. 1, pp. 101–116, 2020, doi: 10.24258/jba.v16i1.656.
- [3] D. Ratu, A. Uswatun, and H. Pramudibyanto, "Pendidikan Dalam Masa Pandemi Covid-19," *J. Sinestesia*, vol. 10, no. 1, pp. 41–48, 2020, [Online]. Available: <https://sinestesia.pustaka.my.id/journal/article/view/44>.

-
- [4] H. Diatagirma, "Rancang Bangun Miniatur Alat Pengendalian Peralatan Listrik pada Rumah Tinggal Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Online Mhs. Bid. Tek. Elektro*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, 2019.
 - [5] G. F. Ananda, and A. Stephanus, "Internet of Things pada Monitoring Energi Listrik Menggunakan Sensor," *Motivection*, pp. 1–10, 2021.
 - [6] M. J. Mnati, A. Van den Bossche, and R. F. Chisab, "A smart voltage and current monitoring system for three phase inverters using an android smartphone application," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 4, 2017, doi: 10.3390/s17040872.
 - [7] I. G. P. M. Eka Putra, I. A. D. Giriantari, and L. Jasa, "Monitoring Penggunaan Daya listrik Sebagai Implementasi Internet of Things Berbasis Wireless Sensor Network," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 16, no. 3, p. 50, 2017, doi: 10.24843/mite.2017.v16i03p09.
 - [8] H. Landaluce, L. Arjona, A. Perallos, F. Falcone, I. Angulo, and F. Muralter, "A review of iot sensing applications and challenges using RFID and wireless sensor networks," *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 9, pp. 1–18, 2020, doi: 10.3390/s20092495.
 - [9] D. Aziz, "Webserver Based Smart Monitoring System Using ESP8266 Node MCU Module," *Int. J. Sci. Eng. Res.*, vol. 9, no. 6, p. 801, 2018.
 - [10] S. Chanthakit and C. Rattanapoka, "Mqtt based air quality monitoring system using node MCU and node-red," *Proceeding 2018 7th ICT Int. Student Proj. Conf. ICT-ISPC 2018*, pp. 3–7, 2018, doi: 10.1109/ICT-ISPC.2018.8523891.
 - [11] H. Maulana, "Analisis Dan Perancangan Sistem Replikasi Database Mysql Dengan Menggunakan Vmware Pada Sistem Operasi Open Source," *InfoTekJar (Jurnal Nas. Inform. dan Teknol. Jaringan)*, vol. 1, no. 1, pp. 32–37, 2016, doi: 10.30743/infotekjar.v1i1.37.
 - [12] A. Firman, H. F. Wowor, X. Najoran, J. Teknik, E. Fakultas, and T. Unsrat, "Sistem Informasi Perpustakaan Online Berbasis Web," *E-journal Teknik Elektro dan Komputer* vol. 5, no. 2, 2016.
 - [13] H. Habiburosid, W. Indrasari, and R. Fahdiran, "Karakterisasi Panel Surya Hybrid Berbasis Sensor Ina219," vol. VIII, pp. Seminar Nasional Fisika 2019-PA-173–178, 2019, doi: 10.21009/03.snf2019.02.pa.25.
 - [14] D. Erwanto, D. A. Widhining K., and T. Sugiarto, "Sistem Pemantauan Arus Dan Tegangan Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Multitek Indones.*, vol. 14, no. 1, p. 1, 2020, doi: 10.24269/mtkind.v14i1.2195.
 - [15] M. H. Ibnu Hajar, A. W. Dani, and S. Miharno, "Monitoring of Electrical System Using Internet of Things With Smart Current Electric Sensors," *Sinergi*, vol. 22, no. 3, p. 211, 2018, doi: 10.22441/sinergi.2018.3.010.
 - [16] N. P. Pratama, A. Triayudi, and D. Hidayatulloh, "Design-Based Fingerprint Time Attendance System Using IOT With MCU Node ESP8266," *J. Tek. Inform. C.I.T.*, vol. 11, no. 1, pp. 15–21, 2019, [Online]. Available: www.medikom.iocspublisher.org/index.php/JTI.
 - [17] L. O. Aghenta and M. T. Iqbal, "Design and implementation of a low-cost, open source IoT-based SCADA system using ESP32 with OLED, ThingsBoard and MQTT protocol," *AIMS Electron. Electr. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 57–86, 2019, doi: 10.3934/ElectrEng.2020.1.57.
 - [18] I. Froiz-Míguez, T. M. Fernández-Caramés, P. Fraga-Lamas, and L. Castedo, "Design, implementation and practical evaluation of an iot home automation system for fog computing applications based on MQTT and ZigBee-WiFi sensor nodes," *Sensors (Switzerland)*, vol. 18, no. 8, pp. 1–42, 2018, doi: 10.3390/s18082660.

- [19] M. A. Adiguna and A. Muhajirin, "Penerapan Logika Fuzzy Pada Penilaian Mutu Dosen Terhadap Tri Dharma Perguruan Tinggi," *J. Online Inform.*, vol. 2, no. 1, p. 16, 2017, doi: 10.15575/join.v2i1.74.
- [20] F. M. Regina Nifmaskossu, Aceng Rahmat, "Jurnal Pendidikan Bahasa dan Sastra Indonesia," *J. Pendidik. Bhs. dan Sastra Indones.*, vol. 8, no. 1, pp. 104–115, 2019, [Online]. Available: <https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/jpbsi/article/view/24018>.
- [21] T. P. Satya, F. Puspasari, H. Prisyanti, and E. R. Meilani Saragih, "Perancangan Dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor Acs712 Berbasis Arduino Uno Dengan Standard Clampmeter," *Simetris J. Tek. Mesin, Elektro dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 1, pp. 39–44, 2020, doi: 10.24176/simet.v11i1.3548.
- [22] A. Nugraha, D. Cahyadi, D. Oktarina, D. Handayani, P. Studi, and T. Informatika, "Sistem Monitor Dan Kontrol Konsumsi Listrik Rumah Tangga," *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra* vol. 8, no. 01, pp. 9–16, 2019.
- [23] R. Yusuf Lubis, L. H. Lubis, and M. Husnah, "Pengaruh Variasi Suhu Terhadap Nilai Hambatan the Effect of Temperature Variation on Resistance," *FISITEK: Jurnal Ilmu Fisika dan Teknologi* vol. 4, no. 1, pp. 27–33, 2020.
- [24] Budiyanto, S., Silalahi, L. M., Silaban, F. A., Darusalam, U., Andryana, S., & Rahayu, I. F. (2020, October). Optimization Of Sugeno Fuzzy Logic Based On Wireless Sensor Network In Forest Fire Monitoring System. In 2020 2nd International Conference on Industrial Electrical and Electronics (ICIEE) (pp. 126-134). IEEE.
- [25] Wicaksono, W. A., & Silalahi, L. M. (2020). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Banjir Menggunakan Arduino Dengan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Teknologi Elektro*, 11(2), 93-99.