

Unnes Physics Education Journal Terakreditasi SINTA 3

<https://journal.unnes.ac.id/journals/upej/index>

Rancang dan Analisis Alat Ukur Arus dan Tegangan pada Rangkaian Listrik Berbasis Arduino dengan Sistem Audio

Muhammad Niki Bagus Wahyune Sukma[✉], Ani Rusilowati, Khumaedi

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Indonesia,
Gedung D7 Lt.2, Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima September 2024

Disetujui Oktober 2024

Dipublikasikan Desember 2024

Keywords:

Arduino, Audio Visual, Current INA219 Sensors, Voltage Sensors.

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang perancangan alat ukur Listrik berbasis Arduino dengan audio untuk Arus dan Tegangan pada rangkaian listrik. Penelitian ini bertujuan untuk merancang, membuat dan menguji karakteristik alat pengukur arus listrik dengan sensor arus INA219. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode perbandingan langsung dengan multimeter. Pengambilan data dilakukan menggunakan beban 3 resistor yang berbeda, dengan jeda pengambilan data setiap 10 detik. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pengukuran pada variasi resistor 100 ohm menghasilkan ukuran sebesar 0,45354 mA dengan akurasi perbedaan pengukuran arus (I) menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 99,95372%. Pengukuran pada resistor 220 ohm menghasilkan ukuran sebesar 0,41244 mA dengan akurasi perbedaan pengukuran arus (I) menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 99,08468%. Pengukuran pada resistor 1000 ohm sebesar 0,50904 mA dengan akurasi perbedaan pengukuran arus menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 98,36522%.

Abstract

Research has been conducted on the design of Arduino-based Electrical measuring instruments with audio for Current and Voltage in electrical circuits. This research aims to design, manufacture and test the characteristics of electric current meters with INA216 sensors. The method used in this study is a direct comparison method with a multimeter. Data acquisition is performed using the load of 3 different resistors, with a data acquisition interval every 10 seconds. The results obtained in this study show that the measurement at the 100 ohm resistor variation produces a size of 0.45354 mA with a current measurement difference accuracy (I) using Arduino and multimeter of 99.95372%. Measurements on a 220 ohm resistor resulted in a size of 0.41244 mA with a current measurement difference accuracy of 99.08468% using Arduino and multimeter. The measurement on the 1000 ohm resistor is 0.50904 mA with the accuracy of the difference in current measurement using Arduino and multimeter is 98.36522%.

PENDAHULUAN

Proses pembelajaran antara guru dengan siswa, sebaiknya harus berada pada lingkungan yang baik serta kondusif. Hal tersebut, akan mendukung penyampaian materi dari guru kepada siswa, sehingga mudah untuk dipahami (Rahmayanti, 2015). Transfer ilmu pengetahuan dapat didukung dengan memanfaatkan media sebagai sarana penunjang pembelajaran, di mana siswa mempunyai karakteristik baik dari ciri fisik dan latar belakang, maupun kemampuan kognitif yang berbeda untuk setiap individu. Oleh karena itu, perlunya guru dapat memfasilitasi siswa dalam pembelajaran dengan media yang tepat. Analisis kebutuhan di lapangan dan *study literature* menyebutkan bahwa media yang sudah ada belum bisa menunjang kebutuhan untuk siswa terlebih untuk siswa berkebutuhan khusus.

Berdasarkan data dari perserikatan bangsa-bangsa (PBB), diperkirakan bahwa 150 juta anak usia di bawah 18 tahun adalah penyandang disabilitas (Adugna *et al.*, 2020). Fakta yang demikian, memberikan perhatian khusus kepada guru untuk memastikan dalam memberikan pembelajaran yang sesuai bagi siswa. Guru disini memegang peranan ganda di samping memahami karakter dari siswa, juga perlu melakukan pengembangan potensi kognitif ataupun dalam bidang skill kemampuan non akademik, terlebih untuk siswa disabilitas atau berkebutuhan khusus. Siswa berkebutuhan khusus akan membutuhkan bantuan lebih untuk bisa menerima pelajaran yang diberikan saat berada di kelas. Seorang guru perlu memahami hal tersebut, sehingga harus mampu untuk mengembangkan pembelajaran dari berbagai latar belakang siswa (Purwanto *et al.*, 2016).

Tujuan pengembangan dari pembuatan media ini untuk menyempurnakan alat ukur yang semula

telah ada, juga dapat menambah variasi ketersedian media pembelajaran tentang kelistrikan. Berdasarkan hasil *study literature* untuk ketersedian media alat ukur listrik masih terbatas untuk digunakan sebagai pembelajaran (Yulanto *et al.*, 2022). Oleh karena itu, perlu untuk dikembangkan terlebih untuk membantu anak disabilitas atau berkebutuhan khusus.

Harapannya dengan penggunaan media alat ukur listrik, dapat menumbuhkan minat siswa dalam belajar (Jefiza, 2019; Qomariyah, 2019), dan dapat menghilangkan rasa kebosanan dalam pembelajaran. Penggunaan media dalam pembelajaran tentunya dapat dioptimalkan guna meningkatkan efektivitas dan memudahkan pelaksanaan pembelajaran (Nuvitalia *et al.*, 2016; Widiyatmoko & Pamelasari, 2012). Selain hal tersebut, dengan adanya media dapat membantu memperjelas suatu konsep fisika dengan pemahaman lebih mendalam pada pelajaran fisika (Nurroniah *et al.*, 2023).

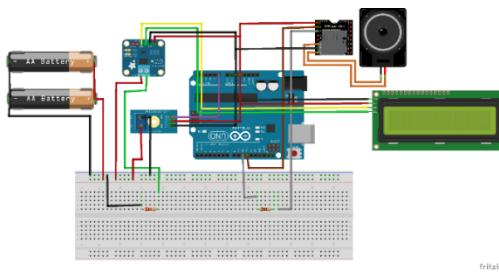
Penambahan sistem audio pada alat ukur, dapat memberikan pengalaman langsung untuk ikut serta secara mandiri dalam praktikum sederhana oleh siswa yang berkebutuhan khusus. Siswa berkebutuhan khusus akan dipandu untuk mengoperasikan alat ukur listrik yang dikembangkan, sehingga siswa tersebut mendapat pemahaman dari aktivitas yang dilakukan, serta tujuan lainnya yaitu agar siswa dapat menerima pembelajaran seperti layaknya siswa pada umumnya.

Apabila menggunakan alat ukur multimeter digital yang telah ada, belum dilengkapi sistem audio yang bisa digunakan secara mandiri dalam melakukan praktikum sederhana bagi siswa yang berkebutuhan khusus, karena siswa yang berkebutuhan khusus memiliki keterbatasan dalam fisiknya. Oleh karenanya, pengembangan produk alat ukur listrik yang dikembangkan bertujuan tidak hanya dapat diimplementasikan pada siswa biasa

melainkan juga pada siswa yang berkebutuhan khusus. Dengan demikian, siswa yang berkebutuhan khusus akan bisa mengikuti pembelajaran dengan baik dalam melakukan percobaan sederhana secara langsung menggunakan alat ukur listrik berbasis audio seperti siswa pada umumnya, tanpa adanya kendala.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan adalah laptop, Arduino kit, sensor arus INA219, resistor, kabel, dan multimeter sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Penelitian dimulai dengan mempersiapkan alat-alat yang digunakan. Pengukuran dilakukan dengan menginstall aplikasi Arduino IDE di laptop. Kemudian membuat rancangan rangkaian dengan aplikasi Fritzing (Gambar 1), dan dilanjutkan membuat program pada Arduino IDE untuk mengoperasikan rangkaian tersebut. Setelah itu rangkaian yang ada Arduino IDE disimulasikan dengan rancangan alat ukur listrik berbasis Arduino yang sudah dibuat dan rangkaian resistor pada *project board*. Analisis data dilakukan dengan mengidentifikasi perbedaan arus terukur antara multimeter sebagai instrumen standar dengan sistem yang dibuat (sensor arus INA219 berbasis Arduino uno). Adapun Gambar 2 merupakan hasil alat ukur listrik berbasis Arduino yang sudah dibuat.



Gambar 1. Skematik Rangkaian Alat Ukur Listrik Berbasis Arduino



Gambar 2. Alat Ukur Listrik Berbasis Arduino

Proses *running* program dan akuisisi data pada arduino dilakukan seperti pada diagram alir (Gambar 3). Alir diagram menggambarkan Arduino sebagai pusat pengolahan data yang berasal dari sensor. Setelah data diterima maka akan dikirim ke PC melalui serial monitor dan audio. Berikut diagram alir dari perangkat lunak untuk memunculkan nilai arus listrik melalui serial monitor:



Gambar 3. Diagram Alir Pengujian

PEMBAHASAN

Untuk mengetahui perbandingan antara alat uji dan alat standar dalam pengukuran tegangan dan arus ini, dapat dilakukan dengan perhitungan yang dituliskan secara sistematis sebagai berikut:

a. Rata-Rata

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_n}{n}$$

b. Standar Deviasi

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}}$$

c. Nilai Error

$$Error = |Uji - Standar|$$

d. Ketidakpastian Relatif

$$KR = \frac{Uji - Standar}{Standar} \times 100\%$$

Pada penelitian ini, proses pengambilan data menggunakan 3 variasi resistor (100 ohm, 220 ohm, dan 1 Kohm) serta 1 baterai sebesar 1,6 volt. Pada setiap variasi resistor diambil sebanyak 10 data menggunakan alat ukur Arduino dan multimeter. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan rangkaian baterai dan resistor sesuai langkah percobaan. Hasil yang diperoleh kemudian ditampilkan pada dua buah instrumen, yaitu LCD 16 x 2 atau serial monitor yang terhubung ke Arduino IDE dan visual audio (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil Perbandingan Pengukuran Arus pada Multimeter dan Alat Ukur Berbasis Arduino

Hasil pengujian pada nilai resistor 100 ohm ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran pada Nilai Resistor sebesar 100 ohm

Pengukuran	I Arduino	I Multimeter
1	0,439 mA	0,42 mA
2	0,3709 mA	0,42 mA
3	0,4347 mA	0,42 mA
4	0,4285 mA	0,42 mA
5	0,4262 mA	0,4 mA
6	0,4255 mA	0,41 mA
7	0,4237 mA	0,42 mA
8	0,4229 mA	0,42 mA
9	0,4211 mA	0,42 mA
10	0,3319 mA	0,42 mA
Rata	0,41244 mA	0,41625 mA

Hasil yang didapat dari pengukuran arus (I) pada nilai resistor sebesar 100 ohm menggunakan alat ukur berbasis Arduino memiliki nilai rataan sebesar 0,41244 mA sedangkan dengan menggunakan multimeter memiliki nilai sebesar 0,41625 mA. Akurasi Perbedaan Pengukuran arus (I) menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 99,08468%. Adapun untuk hasil pengujian pada resistor senilai 200 ohm dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran pada Nilai Resistor sebesar 200 ohm

Pengukuran	I Arduino	I Multimeter
1	0,439 mA	0,42 mA
2	0,3709 mA	0,42 mA
3	0,4347 mA	0,42 mA
4	0,4285 mA	0,42 mA
5	0,4262 mA	0,4 mA
6	0,4255 mA	0,41 mA
7	0,4237 mA	0,42 mA
8	0,4229 mA	0,42 mA
9	0,4211 mA	0,42 mA
10	0,3319 mA	0,42 mA
Rata	0,41244 mA	0,41625 mA

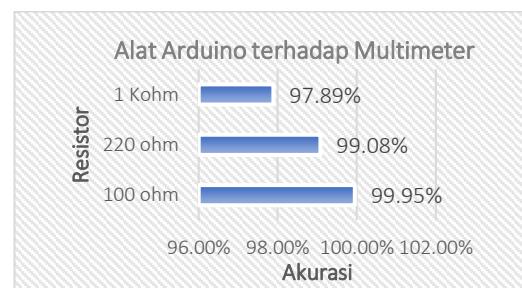
Hasil yang didapat dari pengukuran arus (I) dengan resistor 200 ohm menggunakan alat ukur berbasis Arduino memiliki nilai rataan sebesar 0,41244 mA sedangkan dengan menggunakan multimeter sebesar 0,41625 mA. Akurasi Perbedaan Pengukuran arus (I) menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 99,08468%. Selanjutnya, pengujian dengan resistor senilai 1000 ohm dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran pada Nilai Resistor sebesar 1000 ohm

Pengukuran	I Arduino	I Multimeter
1	0,5004 mA	0,52 mA
2	0,5242 mA	0,52 mA
3	0,5235 mA	0,52 mA
4	0,5098 mA	0,51 mA
5	0,5153 mA	0,52 mA
6	0,5095 mA	0,51 mA
7	0,5077 mA	0,52 mA
8	0,5028 mA	0,52 mA
9	0,4996 mA	0,51 mA
10	0,4976 mA	0,52 mA
Rata	0,50904 mA	0,5175 mA

Hasil yang didapat dari pengukuran arus (I) dengan resistor sebesar 1000 ohm menggunakan alat ukur berbasis Arduino memiliki nilai rataan sebesar 0,50904 mA sedangkan menggunakan multimeter sebesar 0,5175 mA. Akurasi Perbedaan Pengukuran arus menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 98,36522%.

Berikut grafik perbandingan hasil pengukuran arus menggunakan alat ukur berbasis Arduino terhadap multimeter ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Akurasi Pengukuran Alat Ukur Listrik Berbasis Arduino terhadap Multimeter

Pada Gambar 5 menunjukkan grafik nilai persentase akurasi Pengukuran Alat Ukur Listrik berbasis Arduino yang memiliki nilai semakin baik apabila mengukur resistor beban dengan nilai lebih rendah. Ketidakpastian relatif yang dihasilkan cenderung dibawah 5%, yang artinya nilai yang diperoleh dari alat uji mendekati multimeter standarnya. Pada pengukuran arus ini digunakan resistor yang ada di pasaran untuk melakukan percobaan sederhana di lingkungan sekolah. Hal ini bertujuan untuk memudahkan guru dalam memberikan pengalaman secara langsung kepada siswa dalam proses kegiatan pembelajaran.

SIMPULAN

Alat ukur listrik berbasis Arduino yang dibuat dengan sensor diperoleh nilai ketidakpastian relatif dibawah dari 5%. Pengukuran pada variasi resistor 100 ohm menghasilkan ukuran sebesar 0,45354 mA dengan akurasi perbedaan pengukuran arus (I) menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 99,95372%. Pengukuran pada resistor 220 ohm menghasilkan ukuran sebesar 0,41244 mA dengan akurasi perbedaan pengukuran arus (I) menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 99,08468%. Pengukuran pada resistor 1000 ohm sebesar 0,50904 mA dengan kurasi perbedaan pengukuran arus menggunakan Arduino dan multimeter sebesar 98,36522%.

SARAN

Lakukan pengembangan alat menggunakan digital display yang dapat berisi informasi lebih lengkap serta lakukan percobaan pengukuran menggunakan resistor dengan nilai lebih dari 10 Kohm.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, S. (2013). *Instrumen Perangkat Pembelajaran*. Rosdakarya.
- Anggher D. P., Feby A., Bengawan A. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. Vol. 4 No. 1: JURNAL AMPERE doi: <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2745>
- Almallial, R., & Faldholi, A. N. (2013). Teori Behavrioristik. *Journall of Chemicall Informaltion Alnd Modeling*, 53(9), 1–11.
- Arikunto, S. (2006). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2010). *Prosedur Penelitian*. Rineka Cipta.
- Arikunto, S. (2014). *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan*. Bumi Aksara.
- Arsyad, A. (2011). *Media Pembelajaran*. 23–35.
- Basjaruddin, N. C. (1995). *Peukur dan Pengkuran: Untuk Mahasiswa Politeknik Program Studi Elektronika*. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik.
- Dunst, C. . (2004). Guidelines for Calculating Effect Sizes for Practice Based Research Syntheses. *Centerscope*, 3(1), 6.
- Hanisadewa, T., Yusti V. T., & Primawan, A. B. (2019). Unjuk Kerja Jaringan Sensor Nirkabel dengan Menggunakan Topologi Star. *Seminar Nasional Sains Teknologi dan Inovasi Indonesia (SENASTINDO AAU)*, 1(1).
- Hartati, T., & Panggabean, E. M. (2023).
- Karakteristik Pembelajaran. *Jurnal Penelitian, Pendidikan dan Pengajaran (JPPP)*, 4(1), 5–10.
- Teori-teori
- Jefiza, A. (2019). Penggunaan Media Pembelajaran "Trainer Arduino" Untuk Meningkatkan Kemampuan Guru SMK di Pekanbaru. *Jurnal Warta Lembaga Pengabdian pada Masyarakat*, 22(2).
- Kadir, A. (2015). *Buku Pintar Pemrograman Arduino*. Mediakom.
- Kadir, A. (2017). *Pemograman Arduino dan Processing*. PT. Elex Media Komputindo. PT. Elex Media Komputindo.
- Adugna, M. B., Nabbouh, F., Shehata, S., & Ghahari, S. (2020). Barriers and Facilitators to Healthcare Access for Children with Disabilities in Low and Middle Income Subsaharan African Countries. *A Scoping Review*, *BMC Health Serv*, 20(1), 1–11. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s12913-019-4822-6>
- Masgumelar, N. K., & Mustafa, P. S. (2021). Teori Belajar Konstruktivisme dan Implikasinya dalam Pendidikan. *GHAITSA: Islamic Educaltion Journal*, 2(1), 49–57.
- Muzakki, H. (2021). Teori Belajar Konstruktivisme Ki Hajar Dewantara serta Relevansinya dalam Kurikulum 2013. *Southeast Asian Journal of Islamic Education Management*, 2(2), 261–282. <https://doi.org/https://doi.org/10.21154/sajiem.v2i2.64>
- Nurfainzani, P., Susilaningsih, E., & Jumaeri, J. (2018). Pengembangan Tes Diagnostik Two-Tier Multiple Choice untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Siswa Kelas XI. *Chemistry in Education*, 7(2), 27–33.
- Nurroniah, Z., Anggraeni, N. P., Asy'ari, I. H., Putri, D. S. A., Sani, S. A., Harijanto, A., & Subiki. (2023). Design of an Arduino UNO based Automatic Light Control System as a Basic Physics Teaching Aid

- on Ohm's Law. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(13), 663–673. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.8160171>
- Nuvitalia, D., Patonah, S., Saptaningrum, E., Khumaedi, & Rusilowati, A. (2016). Analisis Kebutuhan Alat Peraga dalam Implementasi Kurikulum 2013 pada Mata Pelajaran IPA Terpadu. *UPEJ*, 5(2), 60–65.
- Pertiwi, S. (2019). Perancangan Pembelajaran Fisika tentang Rangkaian Seri dan Paralel untuk Resistor Menggunakan *Understanding by Design* (UbD). *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, 2(1), 1–7.
- Priyanto, S. (2017). *Pengembangan Alat Praktikum Momen Inersia Berbasis Arduino Uno R3 di Laboratorium Terpadu UIN Sunan Kalijaga*. UIN Sunan Kalijaga.
- Purwanto, A. E., Hendri, M., & Susanti, N. (2016). Studi Perbandingan Hasil Belajar Siswa Menggunakan Media PHET Simulation dengan Alat Peraga pada Pokok Bahasan Listrik Magnet di Kelas IX SMPN 12 Kabupaten Tebo. *Jurnal EduFisika*, 1(1), 22–27.
- Qomariyah, N. (2019). Peningkatan Kompetensi Guru dalam Pembelajaran Fisika Berbasis Metode Eksperimen. *Jurnal Ilmiah Populer*, 1(2), 93–99.
- Rokhimmatalloh, Margiyanto. (2021). Rancang Bangun Alat Ukur Sudut Pergi Kendaraan Berbasis Arduino Dengan Sensor Mpu 6050. Diploma Thesis, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan.
- Rahmayanti. (2015). Penggunaan Media IT dalam Pembelajaran. *Jurnal Ilmiah Circuit*, 1(1), 85–97.
- Ratnawati, E. (2016). Karakteristik Teori-Teori Belajar dalam Proses Pendidikan (Perkembangan Psikologis Dan Aplikasi). *Edueksos: Jurnal Pendidikan Sosial & Ekonomi*, 4(2), 1–23.
- Retnawati, H. (2016). *Analisis Kuantitatif Instrumen Penelitian*. Parama Publishing.
- Rifai, A. R. C., & Anni, C. T. (2012). *Psikologi Pendidikan*. Unnes Press.
- Rusilowati, A., Supriyadi, Sumarni, W., & Annur, S. (2023). *Model Pembelajaran STEM-Karakter Wasaka: Untuk Mitigasi Bencana Kebakaran Lahan Gambut melalui Pendidikan*. Unnes Press.
- Saefullah, A., Fakhturokhman, M., Oktarisa, Y., Arsy, R. D., Rosdiana, H., Gustiono, V., & Indriyanto, S. (2018). Rancang Bangun Alat Praktikum Hukum Ohm untuk Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Tingkat Tinggi (*Higher Order Thinking Skills*). *Gravity*, 4(2), 81–90.
- Sarita, A. (2020). *Pengembangan KIT Praktikum Skala Kecil pada Materi Asam Basa di MAS Darul Hikmah Kajhu Aceh Besar*. UIN Ar-Raniry.
- Savira, I., Wardani, S., Harjito, & Noorhayati, A. (2019). Desain Instrumen Tes *Three Tiers Multiple Choice* untuk Analisis Miskonsepsi Siswa Terkait Larutan Penyangga. *Jurnal Inovasi Pendidikan Kimia*, 13(1), 2277–2286.
- Sayuthi. (2008). *Pengukuran Teknik*. Graha Ilmu.
- Sharma, M., Grover, A., & Bande, P. (2009). Low Cost Sensors for General Applications. *International Journal of Recent Trends in Engineering*.
- Sinclair, Ian, R. (2001). *Sensors And Transducers*. Newnes.
- Sudijono, A. (2012). *Pengantar Evaluasi Pendidikan*. Raja Grafindo Persada.
- Sugiyono. (2014). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

- Sugrah, N. U. (2020). Implementasi Teori Belajar Konstruktivisme dalam Pembelajaran Sains. *Humanika*, 19(2), 121–138. <https://doi.org/https://doi.org/10.21831/hum.v19i2.29274>
- Suparlan, S. (2019). Teori Konstruktivisme dalam Pembelajaran. *Islamika*, 1(2), 79–88. <https://doi.org/https://doi.org/10.36088/islamika.v1i2.208>
- Syahwil, M. (2013). *Panduan Mudah Simulasi dan Praktek Mikrokontroler Arduino*. Andi Offset.
- Tafonao, T. (2018). Peranan Meda Pembelajaran dalam Meningkatkan Minat Belajar Mahasiswa. *Jurnal Komunitas Pendidikan*, 2(2).
- Texas Instruments. (2008). *Texas Instruments INA219*. [Www.Ti.Com](http://www.ti.com).
- Thiagarajan. (1974). *Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Indiana University.
- Trias P. S., Fitri P., Hristina P., Elisabeth Ruthma Meilani S. (2020). Perancangan dan Analisis Sistem Alat Ukur Arus Listrik Menggunakan Sensor Acs712 Berbasis Arduino Uno dengan Standard Clampmeter. *Jurnal SIMETRIS*, 11(1).
- Umar. (2014). Media Pendidikan: Peran dan Fungsinya dalam Pembelajaran. *Tarbawiyah*, 11, 131–144.
- Unnes, T. D. F. (2013). *Modul Praktikum Fisika Dasar*. Laboratorium Fisika Unnes.
- Wahab, G., & Rosnawati. (2021). Teori-Teori Belajar Dan Pembelajaran. *In Palper Knowledge Toward Al Medial History of Documents*, 3.
- Wahyuningrum, H., Rusilowati, A., & Edie, S. S. (2020). *Pengembangan Alat Ukur Listrik untuk Anak Tunanetra*. Universitas Negeri Semarang.
- Widayanti, & Yuberti. (2018). Pengembangan Alat Praktikum Sederhana sebagai Media Praktikum Mahasiswa. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, 2(1), 21–27. <https://doi.org/DOI:10.30599/jipfri.v2i1.161>
- Widiyatmoko, A., & PamelaSari, S. . (2012). Pembelajaran Berbasis Proyek untuk Mengembangkan Alat Peraga IPA dengan Memanfaatkan Bahan Bekas Pakai. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 1(1), 51–56. <https://doi.org/https://doi.org/10.15294/v1i1.2013>
- Yulanto, D. M., Iskandar, H., & Anggoro, A. B. (2022). Pengembangan Media Pembelajaran Multimeter Berbasis Video pada Mata Kuliah Listrik dan Elektronika Dasar. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2(22), 7–10.