

Rancang Bangun Power Meter Berbasis Arduino

Iskandar Zulkarnain Nasibu
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
zul.nasibu@ung.ac.id

Wahab Musa
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
wmusa@ung.ac.id

Annisa Riana Haras
Jurusan Teknik Elektro
Universitas Negeri Gorontalo
Gorontalo, Indonesia
annisariana240@gmail.com

Diterima : Juni 2021
Disetujui : Desember 2021
Dipublikasi : Januari 2022

Abstrak- Pada laboratorium teknik elektro dibutuhkan alat pengukur daya sebagai alat bantu dalam proses perkuliahan, dengan adanya alat ini dapat memudahkan mahasiswa dalam proses perkuliahan terutama dalam mata kuliah praktikum yang berhubungan dengan pengukuran daya. Sehingga pada penelitian ini dirancang alat ukur power meter yang dapat mengukur tegangan, arus, daya aktif, daya semu, frekuensi, dan faktor daya untuk mempermudah proses perkuliahan terutama dalam mata kuliah praktikum. Alat ukur ini berbasis Arduino ATmega 328P dan menggunakan ZMPT101B dan ZMCT103C sebagai sensor. Hasil pengukuran ditampilkan pada layar LCD 2004. Untuk bagian perangkat lunak, alat ini menggunakan library PowerMonitor. Alat ukur ini diharapkan dapat digunakan pada laboratorium teknik elektro. Dari pengujian di laboratorium dengan menggunakan beban resistif dan dibandingkan dengan power meter pabrikan, didapatkan error presentasi untuk tegangan sebesar 0,33%, arus sebesar 0,26%, dan daya aktif sebesar 0,63%. Hasil ini menunjukkan bahwa power meter rancangan dapat memberikan pengukuran dengan keakuratan yang sangat baik.

KataKunci : Wattmeter; ZMPT101B; ZMCT103C; Arduino; Atmega 328P; PowerMonitor.

Abstract-In the electrical engineering laboratory, a power meter is needed as a tool in the lecture process, with this tool it can facilitate students in the lecture process, especially in practicum courses related to power measurement. So that in this research is a design of an electrical instrument that is able to measure, voltage, current, active power, apparent power, frequency, and power factor to facilitate the lecture process, especially in practicum courses. This instrument is based on the Arduino Atmega328P, and it use ZMPT101B and ZMCT103C as sensors. The measurement results are displayed on the 2004 LCD screen. This instrument employs the PowerMonitor library for its software. This measuring instrument is expected to be used in electrical engineering laboratories. Based on laboratory testing of a resistive load which compared to a manufactured power meter, it reveals that the percentage error of a voltage, a current, and active power is 0.33%, 0.26%, 0.63%, respectively. This signifies that the design of a power meter can provide an accurate measurement.

Keyword : Wattmeter; ZMPT101B; ZMCT103C; Arduino; Atmega328P; PowerMonitor.

I. PENDAHULUAN

Alat ukur dapat didefinisikan sebagai suatu alat yang dapat mengetahui besarnya nilai yang digunakan dalam sebuah satuan berdasarkan tingkat ketelitian tertentu. Dalam bidang kelistrikan alat ukur yang biasa dijumpai secara umum diantaranya voltmeter sebagai pengukur tegangan, amperemeter sebagai pengukur arus, wattmeter sebagai pengukur daya. [4]

Pada laboratorium teknik elektro dibutuhkan alat pengukur daya sebagai alat bantu dalam proses perkuliahan, dengan adanya alat ini dapat memudahkan mahasiswa dalam proses perkuliahan terutama dalam mata kuliah praktikum yang berhubungan dengan pengukuran daya. Berdasarkan latar belakang tersebut maka peneliti merancang dan membuat alat ukur power meter berbasis arduino yang berfungsi untuk menginformasikan daya listrik.

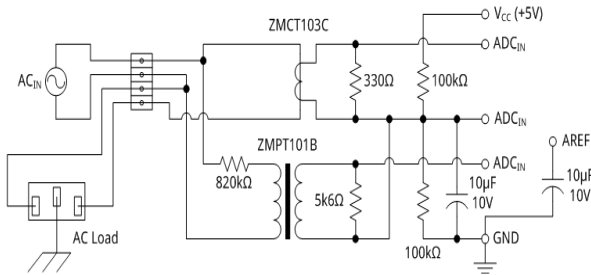
Adapun penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan power meter yaitu penelitian yang telah dilakukan oleh Nur Arifin dkk, mengenai “Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa Berbasis Mikrokontroler Atmega328P”. Penelitian ini menciptakan sebuah prototype power meter 1 fasa yang dapat mengukur arus, tegangan, faktor daya dan daya aktif pada beban 1 fasa dengan menggunakan text message dari modul GSM sehingga data dari hasil pengukuran dapat diterima pengguna lewat handpone/smartphone melalui pesan SMS.[1]

Berdasarkan penelitian sebelumnya peneliti merancang dan membuat alat ukur power meter berbasis arduino yang berfungsi untuk menginformasikan daya listrik serta dapat mempermudah dalam proses pembelajaran khususnya pada mata kuliah praktikum, Alat ini memiliki beberapa kelebihan yaitu tidak membutuhkan sumber daya yang besar, terdapat tampilan untuk memudahkan pengguna mengetahui beban yang sedang digunakan, dan dapat menampilkan grafik hasil pengukuran.

II. METODE PENELITIAN

Adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: Studi pustaka dilakukan dengan cara mencari informasi dari berbagai sumber seperti membaca dan mempelajari buku, jurnal, artikel, dan situs internet yang berkaitan dengan apa yang akan dibahas dalam penelitian ini; Pada penelitian ini dilakukan eksperimen secara langsung dalam membuat alat serta melakukan pengujian. Pada metode ini dilakukan dua pengujian yaitu, pengujian program dan pengujian alat.

Rancangan alat ini menggunakan rangkaian sebagaimana tertera pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Rangkaian utama.

Rangkaian pada Gambar 1 dirancang untuk digunakan pada mikrokontroler ATMEGA AVR, misalnya ATmega 328P pada *development board* Arduino Uno atau Arduino Nano, atau ATmega 2560 pada *development board* Arduino Mega. Pada mikrokontroler AVR, tegangan referensi ADC (*Analogue to Digital Converter*) yang diizinkan adalah 5V. Untuk mengukur tegangan AC, baik belahan positif maupun negatif harus dalam jangkang tegangan 0V hingga 5V. Sementara untuk titik netral pada tegangan AC diset pada tegangan tengahnya, yakni 2,5 VDC. Pada Gambar 1, titik pertemuan dua resistor identik 100 kΩ dijadikan sebagai titik netral virtual untuk masukan AC. Dengan demikian tegangan maksimum AC (V_{max}) yang bisa diukur adalah 2,5 VAC. Selanjutnya tegangan efektif (V_{eff}) adalah:

$$V_{eff} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}} = \frac{2,5 V}{\sqrt{2}} = 1,768 V$$

Untuk mengindera tegangan, digunakan transformator tegangan ZMPT101B dengan perbandingan lilitan 1:1 dan arus input dan output adalah 2 mA. Resistor input ditentukan sebesar 820 kΩ dan resistor output sebesar 5,6 kΩ. Bila tegangan efektif keluaran maksimum adalah 1,768 V, maka tegangan efektif masukan maksimum adalah:

$$V_{in} = \frac{V_{out}}{R_{out}} R_{in} = \frac{1,768 V}{5,6 k\Omega} 820 k\Omega = 259 V$$

Sementara untuk penginderaan arus, digunakan transformator arus ZMCT103C. Transformator ini memetakan arus input 5 A menjadi 5 mA arus output (1000:1). Bila tegangan efektif keluaran maksimum sebesar 1.768 V, maka nilai resistor keluaran sebesar:

$$R_{out} = \frac{V_{out}}{I_{in}/1000} = \frac{1,768 V}{5 A/1000} = \frac{1,768 V}{5 mA} = 353,6 \Omega$$

Nilai standar resistor output yang terdekat adalah 330 Ω, dengan nilai tersebut, arus maksimum yang bisa diindera sebesar:

$$I_{in} = \frac{V_{out}}{R_{out}} 1000 = \frac{1,768 V}{330 \Omega} 1000 = 5,358 A$$

Selanjutnya frekuensi *sampling* mikrokontroler ATMEGA AVR dengan frekuensi clock 16 MHz (frekuensi yang digunakan pada *development board* Arduino) adalah sebesar 9615 Hz. Nilai ini didapatkan dengan nilai prescaler 128 dan menurut *datasheet* konversi normal membutuhkan 13 siklus clock ADC.

$$f_{sampling} = \frac{f_{clock}/prescaler}{clock\ cycles} = \frac{16\ MHz/128}{13} = \frac{125\ kHz}{13} = 9615\ Hz$$

Menurut *datasheet* mikrokontroler AVR, rangkaian ADC membutuhkan frekuensi clock sebesar 50 kHz hingga 200 kHz untuk resolusi maksimum (10 bit). Sementara nilai prescaler lainnya (7 bit) adalah 64, 32, 16, 8, 4, dan 2. Untuk resolusi 10 bit, nilai prescaler 128 (default Arduino) tidak bisa diganti lagi.

Untuk mencuplik satu gelombang penuh tegangan dan arus listrik dengan frekuensi 50 Hz (frekuensi standar yang digunakan di Indonesia) akan menghasilkan jumlah sampel n sebanyak:

$$n = \frac{freq_{sampling}}{freq_{input}} = \frac{9615\ Hz}{50\ Hz} = 192\ sampel$$

Jumlah 192 sampel ini terdiri dari 96 sampel untuk tegangan, dan 96 buah sampel untuk arus. Dalam praktek, jumlah masing-masing sampel tidak akan mencapai angka 96, oleh sebab selama proses *sampling*, ada juga beberapa proses kalkulasi untuk mendeteksi fasa positif, fasa negatif, dan silangan nol yang juga butuh waktu.

Dalam perhitungan daya, dibutuhkan dua buah ADC yang bekerja bersamaan secara paralel, masing-masing untuk tegangan dan arus, sementara mikrokontroler ATMEGA AVR hanya memiliki satu buah ADC dengan 6/8/16 *channel* termultipleks. Agar bisa dilakukan pada mikrokontroler AVR dilakukan dengan cara berikut:

- Proses *sampling*: tegangan dicuplik dahulu dan disimpan pada variable array $V[i]$, kemudian arus yang dicuplik dan disimpan pada variable array $I[i]$. Proses akan diulang selama periode satu gelombang 50 Hz (± 20 mili detik).
- Proses kalkulasi: sebelum dikalkulasi, masing-masing nilai $V[i]$ akan digeser fasanya terlebih dahulu agar sinkron dengan masing-masing nilai $I[i]$. Caranya adalah mengambil nilai tengah antara dua nilai, yaitu dengan cara berikut:

$$V[i] = V[i] + \frac{V[i+1] - V[i]}{2}$$

Selanjutnya nilai tegangan RMS adalah:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} V[i]^2}{n}} \cdot V_{ratio}$$

V_{ratio} adalah nilai perbandingan tegangan masukan terhadap tegangan keluaran. Nilai ini bersama dengan nilai I_{ratio} ditentukan saat proses kalibrasi. Demikian pula untuk arus RMS adalah:

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^{n-1} I[i]^2}{n}} \cdot I_{ratio}$$

Selanjutnya perhitungan daya nyata adalah:

$$P_{real} = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} V[i] \cdot I[i]}{n} \cdot V_{ratio} \cdot I_{ratio}$$

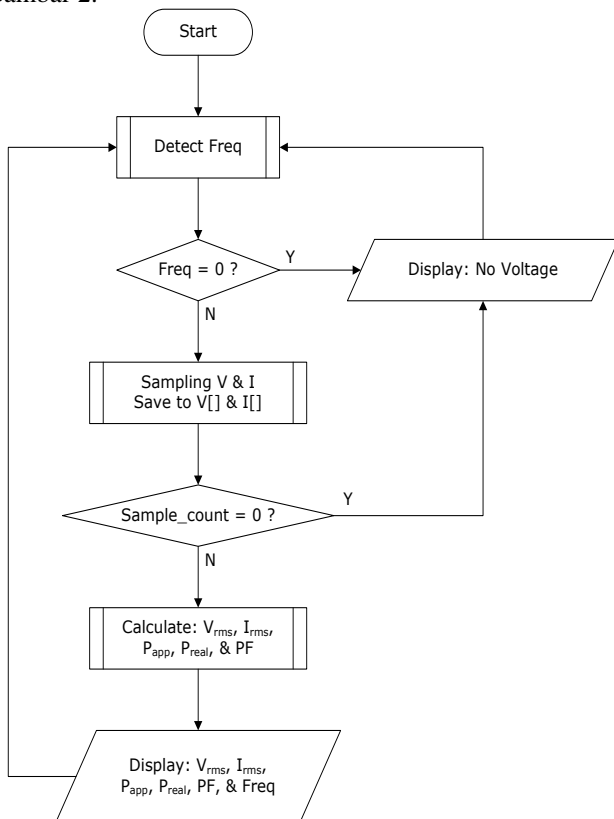
Untuk daya semu menjadi:

$$P_{apparent} = V_{RMS} \cdot I_{RMS}$$

Akhirnya faktor daya atau $\cos \phi$ bisa dihitung:

$$\cos \phi = \frac{P_{real}}{P_{apparent}}$$

Berikut flowchart yang digunakan untuk menjelaskan urutan proses kerja alat. Flowchart tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

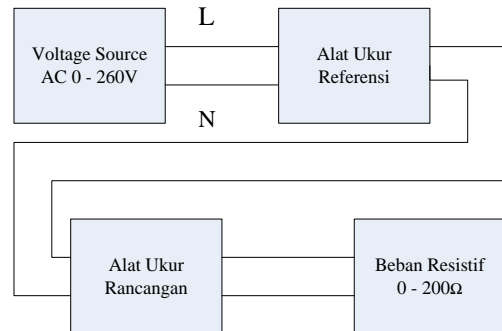


Gambar 2. Main flowchart

Setelah program dimulai, dilakukan proses untuk mendeteksi frekuensi lalu tentukan apakah frekuensi sama dengan nol. Jika ya, maka akan ditampilkan “tidak ada tegangan”, Jika frekuensi tidak sama dengan nol lanjutkan pada proses *sampling* tegangan dan arus kemudian simpan ke array. Lalu hitung apakah sampel sama dengan nol jika ya, maka tampilkan “tidak ada tegangan”. Jika hitungan tidak sama dengan nol maka proses dilanjutkan untuk menghitung V_{rms} , I_{rms} , P_{app} , P_{real} , PF, & Freq. kemudian tampilkan hasil perhitungan dan kembali pada proses awal.

III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Berikut diagram blok rangkaian pengujian alat dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram blok

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan rangkaian pengujiannya. Alat ukur referensi dihubungkan pada sumber tegangan, lalu keluaran dari alat ukur tersebut dihubungkan dengan alat ukur rancangan, sehingga pembacaan nilai pengujian dapat dibaca secara bersamaan. Kemudian pada alat ukur rancangan dihubungkan beban.

a. Pengujian Tegangan

Pada pengujian tegangan, alat ukur rancangan dihubungkan dengan alat ukur referensi seperti pada Gambar 2, Kemudian diberi sumber tegangan yang berbeda-beda dengan beban 200Ω . Pada pengujian ini dilakukan 9 kali pengukuran yang setiap pengukurannya dicatat pada tabel, lalu hasilnya dibandingkan dengan nilai pada alat ukur referensi untuk melihat keakuratan nilai pengukuran dari alat ukur rancangan. Perbandingannya dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan

No	Tegangan Referensi (V)	Tegangan Alat (V)	Error presentasi
1	50	49.949	0.001
2	80	79.581	0.005
3	110	110.255	0.002
4	150	149.469	0.004
5	180	179.622	0.002
6	200	200.554	0.003
7	220	221.138	0.005
8	240	241.04	0.004
9	250	249.443	0.002
Jumlah nilai error			0.03

Berdasarkan Tabel 1, perbandingan hasil pengukuran tegangan pada power meter referensi dan power meter rancangan diperoleh jumlah nilai error sebesar 0.03.

$$MAPE = \frac{0,03}{9} * 100 = 0,33\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai error presentase rata-rata sebesar 0,33%.

b. Pengujian Arus

Seperti pada pengujian tegangan, pada pengujian arus juga digunakan beban 200Ω dengan sumber tegangan yang diubah-ubah. Pada pengujian ini juga dilakukan 9 kali pengukuran. Hasil dari pengujian ini kemudian dicatat pada tabel, lalu hasilnya dibandingkan dengan nilai pada alat ukur referensi untuk melihat keakuratan nilai pengukuran dari alat ukur rancangan. Hasil dari pengujian arus dapat dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Hasil pengukuran arus

No	Tegangan Sumber (V)	Beban (Ω)	Arus Referensi (A)	Arus Alat (A)	Error presentasi
1	50	200	0.25	0.249	0.004
2	80	200	0.4	0.396	0.01
3	110	200	0.55	0.549	0.002
4	150	200	0.74	0.741	0.001
5	180	200	0.89	0.888	0.002
6	200	200	0.99	0.989	0.001
7	220	200	1.09	1.089	0.001
8	240	200	1.19	1.191	0.001
9	250	200	1.23	1.228	0.002
Jumlah nilai error					0.024

Berdasarkan Tabel 2, perbandingan hasil pengukuran arus pada power meter referensi dan power meter rancangan diperoleh jumlah nilai error sebesar 0.024.

$$MAPE = \frac{0,024}{9} * 100 = 0,26\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai error presentase rata-rata sebesar 0,26%.

c. Pengujian Daya

Pada pengujian daya digunakan beban 200Ω dengan tegangan yang berubah-ubah seperti pada pengujian tegangan dan arus. Kemudian hasil dari pengujian dicatat dan dibandingkan dengan alat ukur referensi. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil pengukuran daya

No	Daya Referensi (W)	Daya Alat (W)	Error presentasi
1	12.5	12.466	0.003
2	31.8	31.44	0.011
3	60.5	61.377	0.014
4	111	110.355	0.006
5	160.2	159.431	0.005
6	198	197.462	0.003
7	239.8	238.465	0.006
8	285.6	284.7	0.003
9	307.5	305.379	0.007
Jumlah nilai error			0.057

Berdasarkan Tabel 3, perbandingan hasil pengukuran daya pada power meter referensi dan power meter rancangan diperoleh jumlah nilai error sebesar 0.057.

$$MAPE = \frac{0,057}{9} * 100 = 0,63\%$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh nilai error presentase rata-rata sebesar 0,63%.

IV. KESIMPULAN

Simpulan yang dapat ditarik dalam penelitian ini adalah: 1). Power meter di rancang menggunakan ZMPT101B sebagai sensor tegangan dan ZMCT103C sebagai sensor arus, yang kemudian keluaran dari kedua sensor tersebut akan masuk ke Arduino sebagai pengolah data dan ditampilkan melalui LCD 20x4, data yang ditampilkan berupa tegangan, arus, daya nyata, daya semu, frekuensi, dan cosφ; 2). Hasil Pengukuran menggunakan alat ukur rancangan dan dibandingkan dengan alat ukur referensi mendapatkan error presentasi untuk tegangan sebesar 0,33%, arus sebesar 0,26%, daya sebesar 0,63% dari hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan nilai pengukuran menggunakan power meter rancangan akurat.

SARAN

Alat ini belum dapat menyimpan data hasil pengukuran sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya dapat ditambahkan modul micro SD untuk menyimpan data hasil pengukuran.

REFERENSI

- [1] Arifin, N., Lubis, R. S., & Gapy, M. (2019). *Rancang Bangun Prototype Power Meter 1 Fasa*. 4(1), 13–22.
- [2] Atmel. (2014). *ATmega328P*. 650. http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf
- [3] Badruzzaman, Y. (2012). Real Time Monitoring Data Besar-an Listrik Gedung Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang. *Jurnal Jtet*, 1(2), 50–59.
- [4] Budiman, A., Rifai, I. N., Elektronika, D., Instrumentasi, D., Vokasi, S., Gadjah, U., & Pustaka, T. (2014). Sistem Monitoring Dan Proteksi Watt Meter Multi Chanel a-47 a-48. *SENTIA 2014-Politeknik Negeri Malang*, 6, 47–50.
- [5] Ekayana, A. G., & Ratna Rakasiwi, A. A. (2018). Rancang Bangun Pengaman Power Supplay Berbasis Zero Crossing Detector Pada Laboratorium Komputer. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan*, 15(1), 10–19. <https://doi.org/10.23887/jptk-undiksha.v15i1.12668>
- [6] Fauzan, F. Danang Wijaya, B. S. (n.d.). Studi Perbaikan Faktor Daya Beban Induktif Dengan Kompensator Reaktif Seri Menggunakan Sakelar Pemulih Energi Magnetik. *Teknik Elektro FT UGM*, 125–147.
- [7] H. HR. Jufri, Nasruddin, B. (1953). Rancang Bangun Alat Ukur Daya Bolak-Balik Berbasis Mikrokontroler ATmegaA8583. *Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(4), 304. https://doi.org/10.20710/dojo.23.4_304_1
- [8] Muchtar, A., Muhammad, U., & Mariyah, A. (2017). Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Motor Listrik 3 Fasa Berbasis Java Programming. *JTT (Jurnal Teknologi Terpadu)*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.32487/jtt.v5i1.200>
- [9] Sagita, S. M., Khotijah, S., & Amalia, R. (2013). *Pengkonversian Data Analog Menjadi Data Digital Dan Data Digital Menjadi Data Analog Menggunakan Interface Ppi 8255 Dengan Bahasa Pemrograman Borland Delphi 5*. 0. 6(2), 168–179.
- [10] Sitorus, R. J., & Warman, E. (2013). Studi Kualitas Listrik Dan Perbaikan Faktor Daya Pada Beban Listrik Rumah Tangga Menggunakan Kapasitor. *Singuda*

Ensikom, 3(2), 64–69.

- [11] Nusa, T., Sompie, S. R. U. A., & Rumbayan, E. M. (2015). I. *E-Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(5), 19–26.
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/9974/9560>
- [12] Husnawati, H., Passarella, R., Sutarno, S., & Rendyansyah, R. (2013). Perancangan dan Simulasi Energi Meter Digital Satu Fasa Menggunakan Sensor Arus ACS712. *Jnteti*, 2(4), 307–315.
- [13] Muljono, A. B., Nrartha, I. M. A., Ginarsa, I. M., & Sukmadana, I. M. B. (2018). Rancang Bangun Smart Energy Meter Berbasis UNO dan Raspberry Pi. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(1), 9–18.
<https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.8718>
- [14] Naga, D. S. (2006). Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur Daya Listrik Arus Bolak-Balik Satu Fasa Berbasis Personal Computer. *TESLA Jurnal Teknik Elektro UNTAR*, 8(1), 29–43.
- [15] Ratnasari, T., & Senen, A. (2017). Perancangan prototipe alat ukur arus listrik Ac dan Dc berbasis mikrokontroler arduino dengan sensor arus Acs-712 30 ampere. *Jurnal Sutet*, 7(2), 28–33.