

Pengukuran Konsumsi Energi Listrik menggunakan Sensor Current Transformer TA12-200

Maizal Isnen[#], Muhammad Ficky Afrianto^{*}

[#] Teknik Elektronika, Politeknik Jambi, Jl Lingkar Barat 2, Lrg. Veteran RT 4, Kota Jambi, 36129, Indonesia

E-mail: maizal@politeknikjambi.ac.id

^{*}Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Jl. Jambi - Muara Bulian .Km. 15, Jambi Luar Kota, 36122, Indonesia

E-mail: mhdicky@gmail.com

Abstract— Increasing of electrification in Indonesia still leaves several problems, such as blackouts. This can be caused by greater demand than energy availability. Businesses that can be taken to overcome this problem is include making an arrangement on the consumer side or demand side management (DMS). By implementing control technology, an Arduino-based embedded system device has been able to measure electricity consumption. The application of the TA12-200 current sensor has been able to measure electricity power with accuracy up to 96.4% and sensor resolution for about 0.4 volts per ampere. This system is equipped with an RTC module to calculate the duration of measurement, then convert the value of power (watts) into electricity energy (kWh) as well as the electricity cost in rupiah. Displaying the cost of electricity in rupiah, in this measurement system, is considered has a potential to increase user awareness to make savings on electricity usage. This is able to reduce the electricity demand, thus the cases of blackouts can be minimized.

Keywords— control system, current sensor, electricity energy, Arduino, sensor system.

Abstrak— Peningkatan elektrifikasi di Indonesia masih menyisakan beberapa persoalan, misalnya pemadaman. Hal ini dapat disebabkan oleh permintaan yang lebih besar dari pada ketersediaan energi. Usaha yang dapat dilakukan diantaranya adalah dengan melakukan pengaturan pada sisi konsumen. Dengan menerapkan teknologi kontrol, suatu perangkat sistem tertanam berbasis Arduino telah mampu melakukan pengukuran terhadap konsumsi energi listrik. Penerapan sensor arus berjenis TA12-200 telah mampu mengukur dengan akurasi sampai dengan 96,4% dengan resolusi 0,4 volt per ampere. Sistem ini dilengkapi dengan modul RTC sehingga mampu menghitung durasi pengukuran untuk kemudian mengonversi nilai daya (watt) kedalam energi listrik (kWh) maupun nominal biaya penggunaan energi listrik dalam rupiah. Dengan menampilkan nilai rupiah pada sistem pengukuran ini dianggap mampu meningkatkan kesadaran pengguna untuk melakukan penghematan terhadap penggunaan listrik. Hal ini mampu menekan permintaan energi listrik sehingga kasus pemadaman dapat diminimalisir.

Kata kunci— sistem kontrol, sensor arus, energi listrik, Arduino, system sensor.

I. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan primer masyarakat dengan jumlah pemakaian yang terus meningkat setiap tahun. Dari data statistik yang diterbitkan kementerian ESDM, konsumsi listrik per kapita di Indonesia mencapai 1012 kWh pada tahun 2017, atau memiliki peningkatan 5,9% dari tahun sebelumnya. Namun, rasio elektrifikasi di Indonesia baru mencapai kisaran 70% [1]. PLN sebagai pemasok utama listrik di tanah air belum mampu memenuhi permintaan listrik di masyarakat secara sepenuhnya.

Listrik sebagai energi mempunyai peran penting dalam kehidupan manusia. Ketersediaan energi listrik diharapkan mampu memenuhi jumlah dan kualitas yang memadai, karena mempengaruhi operasi peralatan baik di sisi pelanggan maupun penyedia.

Salah satu bukti belum mampunya penyedia layanan menyuplai listrik dengan baik ke masyarakat yakni seringkali energi listrik yang disalurkan ke masyarakat terputus tanpa pemberitahuan. Hal ini dapat menimbulkan kerugian seperti kerusakan pada peralatan-peralatan listrik yang ada.

Selain itu, perilaku sebagian masyarakat penggunaan listrik yang terkadang tidak mengontrol penggunaan listrik rumah mereka, justru merugikan penggunaan listrik itu sendiri. Terkadang masyarakat mengeluh dengan pembayaran listrik yang meningkat drastis dan berdampak terhadap pengeluaran biaya-biaya lainnya. Dikarenakan hal-hal tersebut maka diperlukan sebuah sistem yang dapat mengontrol konsumsi listrik. Hal ini dapat diatasi dengan sebuah sistem kontrol yang dapat mengendalikan konsumsi arus listrik rumah tangga.

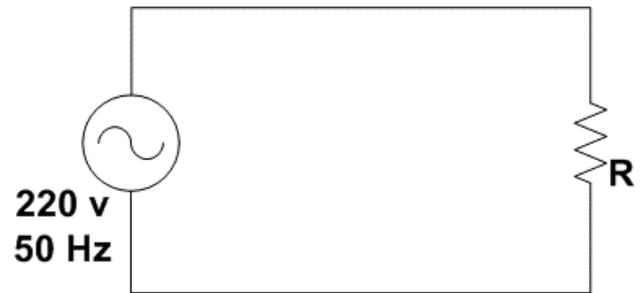
Penelitian sistem kontrol penggunaan listrik ini dilakukan oleh M. Syukur Budiawan, di mana menggunakan sensor arus ACS712. Sistem yang dibuatnya menggunakan relay untuk mengatur hitup mati beban listrik. Dikontrol oleh microcontroller Arduino Mega dengan tampilan lcd karakter dan keypad untuk menginput nilai limit beban [2].

Penelitian ini akan membahas tentang pengukuran konsumsi energi listrik menggunakan sensor current transformer jenis TA-200, mengintegrasikannya dengan system microcontroller, dengan LCD character sebagai user interface dan relay sebagai aktuator.

Selanjutnya jurnal ini akan membahas tentang teori dasar yang berkaitan dengan pengukuran energi listrik pada bagian II. Tinjauan Pustaka, dilanjutkan dengan menjelaskan tentang step-step menyiapkan alat ukur konsumsi energi listrik ini sampai dengan tahap pengujiannya pada bagian III Metodologi Penelitian, hasil pengukuran dan pengujian selanjutnya dibahas pada bagian IV Hasil dan Pembahasan, dan diakhiri dengan bab V Kesimpulan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Beban Listrik adalah segala sesuatu yang ditanggung oleh pembangkit listrik atau bisa disebut segala sesuatu yang membutuhkan tenaga/daya listrik. Dalam kehidupan sehari-hari contoh beban listrik adalah setrika listrik, lampu listrik, television, kompor listrik. Pada keseluruhan sistem, total daya jumlah semua daya aktif dan reaktif yang dipakai oleh peralatan yang menggunakan energy listrik. Jadi dalam penggunaan rumah tangga, total beban listrik adalah total semua daya yang dikonsumsi oleh peralatan listrik tersebut yang aktif, karena dalam kondisi mati peralatan tertentu tidak menggunakan daya listrik [3].



Gambar 1. Beban arus bolak-balik

Beban listrik dikatakan juga sebagai hambatan atau resistansi. Dalam ilmu listrik dimana dapat dirumuskan pada hukum ohm:

$$V = I \cdot R \quad (1)$$

Dimana : I = Arus listrik dengan satuan Ampere (A).

R = Hambatan Listrik dengan satuan ohm (Ω).

V = Tegangan listrik dengan satuan volt (V).

A. Sensor Arus TA12-200

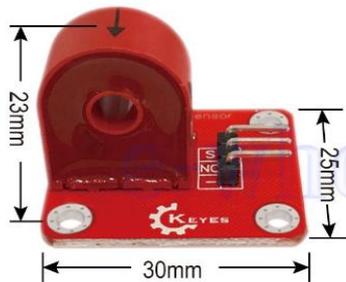
Dalam suatu rangkaian elektronik terdapat tegangan, arus dan hambatan yang saling berhubungan. Ampere meter adalah alat untuk mengukur arus yang mengalir pada suatu rangkaian elektronik. Arus listrik yang mengalir pada suatu konduktor menimbulkan medan magnet. Oleh sebab itu arus listrik dapat diukur dengan besarnya medan magnet. Medan magnet dipengaruhi oleh beberapa factor antara lain: Besar arus listrik, Jarak medan magnet terhadap suatu titik pengukuran, Arah medan magnet yang terbentuk.

Medan magnet adalah suatu medan yang dibentuk dengan menggerakkan muatan listrik (arus listrik) yang menyebabkan munculnya gaya di muatan listrik yang bergerak lainnya. Putaran mekanika kuantum dari satu partikel membentuk medan magnet dan putaran itu dipengaruhi oleh dirinya sendiri seperti arus listrik. Sebuah medan magnet adalah medan vektor, yaitu berhubungan dengan setiap titik dalam ruang vektor yang dapat berubah menurut waktu. Arah dari medan ini adalah seimbang dengan arah jarum kompas yang diletakkan di dalam [2].

Secara konvensional kuat arus dapat diukur dengan menghubungkan alat secara seri pada rangkaian. Cara ini memiliki kelemahan karena mengganggu aliran arus yang akan diukur.

Sensor arus sebatang kawat teraliri arus listrik menuju beban dilewatkan diantara cincin toroid dan sejumlah kawat email digulung pada cincin toroid tersebut maka kumparan kawat pada cincin tersebut akan menginduksikan arus listrik dari sebatang kawat arus tersebut. Dengan mengolah sinyal induksi pada kawat kumparan toroid tersebut maka akan diperoleh nilai arus

yang dilewatkan untuk mensuplay beban pada ujung kawat arus. Dengan metode ini arus yang dilewatkan akan terbaca pada fungsi besaran tegangan berbentuk gelombang sinusoidal [4].



Gambar 2. Sensor Arus TA12-200

Tabel dibawah ini akan menjelaskan datashett pada sensor arus TA12-200 yang digunakan.

TABEL I
DATASHEET SENSOR ARUS TA12-200

Items	Min	Norm	Max	Unit
Transformation ratio	-	2000:1	-	-
Input Current	0	-	5	A
Output Current	0	-	2.5	mA
Sampling Resistance	-	800	800	Ω
Sampling Voltage	0	-	2	v
Working Frequency	20	-	20K	HZ
Nonlinear scale	-	-	0.2%	-
Phase Shift	-	-	5'	-
Operating Temperature	-55	-	85	$^{\circ}\text{C}$
Dielectric strength	-	6	-	KVAC/1min

B. Arduino Uno

Arduino merupakan platform open source baik secara hardware dan software. Arduino terdiri dari mikrocontroller megaAVR seperti ATmega8, ATmega168, ATmega328, ATmega1280, dan ATmega2560 dengan menggunakan Kristal osilator 16 MHz, namun ada beberapa tipe Arduino yang menggunakan Kristal osilator 8 MHz. Catu daya yang dibutuhkan untuk mensupply minimum sistem Arduino cukup dengan tegangan 5 VDC [5].



Gambar 3. Arduino Uno

Port arduino Atmega series terdiri dari 20 pin yang meliputi 14 pin I/O digital dengan 6 pin dapat berfungsi sebagai output PWM (Pulse Width Modulation) dan 6 pin I/O analog. Kelebihan Arduino adalah tidak membutuhkan flash programmer external karena di dalam chip microcontroller Arduino telah diisi dengan bootloader yang membuat proses upload menjadi lebih sederhana. Untuk koneksi terhadap komputer dapat menggunakan RS232 to TTL Converter atau menggunakan Chip USB ke Serial converter seperti FTDI FT232 [6].

TABEL III
SPESIFIKASI ARDUINO UNO

Aspek	Detail
Chip mikrocontroller	ATmega328P
Tegangan operasi	5V
Tegangan input	7V - 12V
Digital I/O pin	14 buah, 6 diantaranya menyediakan PWM
Analog Input pin	6 buah
Arus DC per pin I/O	20 mA
Arus DC pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB, 0.5 KB telah digunakan untuk bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Clock speed	16 Mhz

C. Software Arduino

Arduino diciptakan untuk para pemula bahkan yang tidak memiliki basic bahasa pemrograman sama sekali karena menggunakan bahasa C++ yang telah dipermudah melalui library. Arduino menggunakan Software Processing yang digunakan untuk menulis program kedalam Arduino [5].

Struktur perintah pada arduino secara garis besar terdiri dari 2 (dua) bagian yaitu *void setup* dan *void loop*. *Void setup* berisi perintah yang akan dieksekusi hanya satu kali sejak arduino dihidupkan sedangkan *void loop* berisi perintah yang akan dieksekusi berulang-ulang selama arduino dinyalakan.

D. Modul Relay

Relay elektromekanis ini didefinisikan sebagai alat yang menggunakan gaya elektromagnetik untuk menutup (atau membuka) kontak saklar. Yakni, ketika koil mendapat energi listrik, akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan contact akan menutup [7].

E. RTC (Real Time Clock)

RTC (Real Time Clock) merupakan sebuah IC, pada umumnya menggunakan IC DS1307, dan DS3231 [8] yang memiliki fungsi untuk menghitung waktu, mulai dari detik, menit, jam, tanggal, bulan, serta tahun .



Gambar 4. Modul RTC DS1307

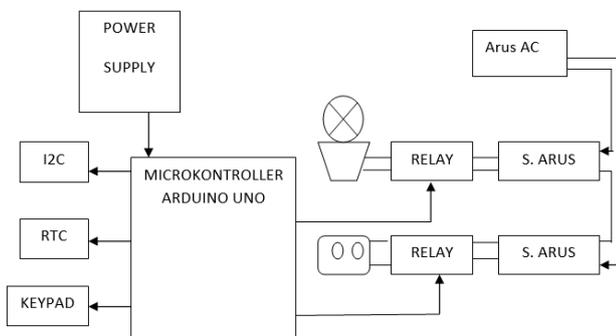
F. LCD Karakter

LCD karakter digunakan untuk menunjukkan hasil pengukuran [9], yakni menampilkan hasil pengukuran konsumsi energi listrik dalam watt dan nominal biaya.

Selanjutnya komponen-komponen tersebut diintegrasikan dalam suatu sistem. Dengan Arduino IDE, perangkat input maupun output diinterface dengan microcontroller board, Arduino, dan dilanjutkan dengan pengujian.

III. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, setelah seluruh komponen pendukung terkumpul, selanjutnya dilakukan perakitan suatu sistem alat ukur. Berikut adalah diagram sederhana alat ukur konsumsi energi listrik berbasis sensor arus TA12-200.

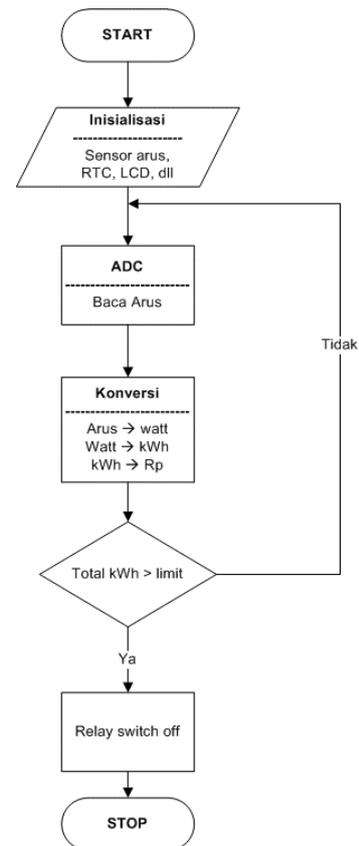


Gambar 5. Diagram blok sistem alat ukur konsumsi listrik

Rangkaian diatas, Gambar 5, dirancang untuk mengukur konsumsi energi listrik rumah tangga.

Pertama-tama, sumber listrik AC memiliki fungsi sebagai masukan untuk power supply, sebagai sumber daya sistem, dan sebagai supply untuk beban yang terdapat dalam rumah, diilustrasikan dengan lampu dan socket listrik. Sebagai supply beban, sumber arus AC ini masuk ke relay dan kemudian sensor arus. Microcontroller akan mengatur relay untuk membuka atau menutup apabila telah terjadi penggunaan listrik yang melebihi batasan yang ditetapkan.

Setelah perangkat keras selesai dirakit, selanjutnya dilakukan pemrograman dengan Arduino IDE. Secara garis besar program tersebut dapat dijelaskan dengan flowchart dibawah ini.



Gambar 6. Flowchart alat ukur konsumsi energi listrik

Program dimulai dengan inisialisasi untuk mengaktifkan perangkat-perangkat yang terhubung dengan microcontroller. Selanjutnya sensor arus akan membaca besarnya arus listrik yang melalui TA12-200 secara analog. Nilai tersebut kemudian dikonversi menjadi daya dalam watt. Dengan masukan timing dari RTC, sistem mengonversi nilai daya menjadi energi listrik dalam kWh. Setelah diperoleh nilai kWh, maka besar nominal pemakaian energi listrik dapat dihitung dengan cara mengalikan nilai kWh terhadap harga listrik per kWh-nya.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berikut adalah hasil rancang bangun alat ukur konsumsi energi listrik, Gambar 7.

Disaat sumber tegangan AC 220 terhubung, maka saat itu juga system bekerja. Komponen PSA mensuplai rangkaian microcontroller dan komponen-komponen input outputnya. Dengan menghubungkan beban berupa lampu pijar, maka system akan membaca daya lampu tersebut. Selain nilai daya, nilai energi listrik dalam kWh dan nominal biaya dalam rupiah juga dihitung dalam system ini. Nilai-nilai tersebut ditampilkan pada komponen LCD character.



Gambar 7. Hasil rancangan alat ukur konsumsi energi listrik

Berikut adalah hasil pengukuran konsumsi energi listrik yang telah dilakukan.

TABEL IIIII
PENGUKURAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK

No.	Waktu (menit)	Daya (watt)	Energi (kWh)	Nominal (Rp)
1.	5	3,11	0,000259	0,362833
2.	10	3,11	0,000518	0,725667
3.	15	3,11	0,000778	1,0885
4.	20	3,11	0,001037	1,451333
5.	25	3,11	0,001296	1,814167

Tabel III diatats menunjukkan hasil pengukuran konsumsi energi listrik terhadap satu buah bola lampu pijar berdaya 3 watt. Hasil pengukuran menunjukkan daya yang terukur adalah 3,11 watt. Hal ini disebabkan oleh nilai akurasi sensor yang rendah, yakni 0,4 volt per ampere. Disamping itu juga dapat disebabkan oleh nilai kalibrasi yang belum tepat. Apabila dihitung, maka penyimpangan ini adalah sebesar:

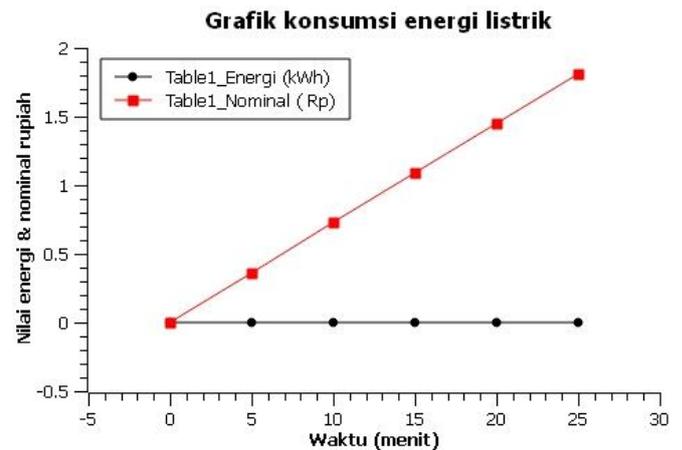
$$\% \text{ Deviasi} = \left(\frac{3,11 - 3,0}{3} \right) \times 100\% = 3.6 \%$$

Dengan kata lain, terdapat 96,4 % akurasi pengukuran oleh system yang dibangun.

Untuk mendapatkan nilai energi listrik, kWh, persamaan konversi yang digunakan adalah persamaan 2 berikut.

$$E = \frac{P \times t}{1000} \tag{2}$$

Dimana: E = energi listrik (kWh)
P = daya beban (watt)
t = waktu (jam)
1000 = nilai pengubah watt ke kilo-watt



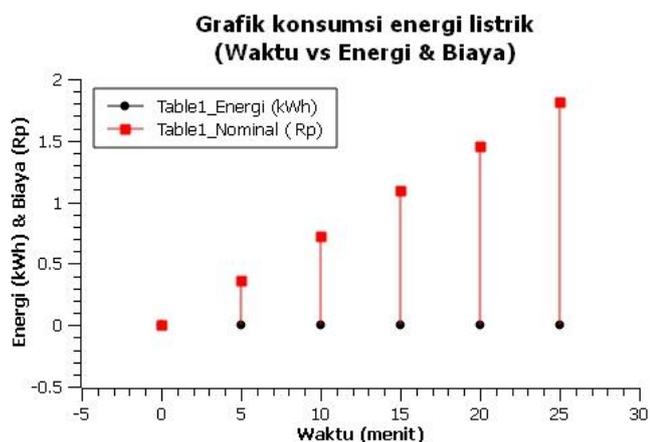
Nilai nominal dalam rupiah diperoleh dari hasil kalkulasi dengan mengikuti persamaan 3 sebagai berikut.

$$\text{Nominal (Rp)} = 1400 \times E \tag{3}$$

Dimana: E = energi listrik (kWh)
1400 = asumsi untuk harga listrik per kWh

B. Pembahasan

Sistem kerja keseluruhan dari alat ukur konsumsi energi listrik ini memiliki dua buah sensor arus T12-200 yang berfungsi untuk membaca penggunaan energi listrik dari dua channel. Dua buah channel tersebut dikontrol oleh masing-masing satu buah relay untuk menghidup matikan beban yang terhubung pada kedua channel tersebut. Dengan menerapkan microcontroller berbasis ATMel pada Arduino board, pengukuran arus listrik dikonversi menjadi beberapa nilai yakni daya listrik pada beban yang terhubung ke tiap channel, kemudian dikoonversi menjadi nilai energi listrik dan nominal biaya penggunaan energi listrik itu sendiri. Nilai-nilai tersebut dapat diamati pada LCD yang tertanam pada bagian depan panel boks.



Gambar 8. Grafik menunjukkan perbandingan pembacaan energi dan biaya terhadap durasi pemakaian

Dengan menerapkan LCD sebagai user interface, yang mana menampilkan berbagai nilai, sebagaimana dijelaskan diatas, memiliki kelebihan untuk dapat memberikan informasi yang lebih interaktif kepada pengguna energi listrik. Menampilkan konsumsi energi listrik dalam kWh dapat saja tidak begitu dipahami oleh pengguna. Artinya pengguna tidak begitu tertarik untuk melakukan penghematan dengan informasi tersebut. Namun menampilkan nilai nominal biaya penggunaan energi listrik secara psikologis mampu memberikan motivasi bagi pengguna untuk melakukan penghematan. Karena setiap detik yang berjalan terdapat sejumlah beban listrik yang menyala dengan mengonsumsi biaya sejumlah nominal tertentu. Nominal biaya juga memiliki angka yang lebih signifikan, lihat Gambar 8, dibandingkan nilai energi listrik yang terpakai, karena nilai biaya adalah 1400 kali lebih besar dibandingkan energi listrik, dalam hal ini.

Keberadaan relay selain dapat digunakan sebagai pembatas kelebihan penggunaan energi listrik, relay juga berfungsi untuk automasi terhadap beban listrik yang terhubung apabila dikehendaki pemutusan secara elektronik pada kondisi-kondisi yang dikehendaki oleh pengguna.

V. KESIMPULAN

Setelah melalui beberapa tahapan perencanaan, pembuatan dan pengujian, alat ukur konsumsi energi listrik ini sudah mampu melakukan pengukuran daya terhadap beban yang terhubung ke dua channelnya tersebut. Menunjukkan hasil pengukuran terhadap energi listrik yang terpakai dalam kWh, hingga pada nominal biaya yang terpakai dalam rupiah. Hasil pengukuran yang belum begitu akurat, yakni 96,4%, atau penyimpangan hasil pengukuran sebesar 3,6 %, yang dapat disebabkan oleh nilai akurasi sensor yang hanya 0,4 volt per ampere maupun factor kalibrasi yang belum tepat. Menampilkan nominal biaya, dalam user

interface, lebih signifikan dikarenakan angka yang tampil lebih besar daripada nilai kWh yang terukur. Hal ini mampu memberikan efek psikologis kepada pengguna untuk lebih tertarik dalam melakukan penghematan penggunaan energi listrik.

NOMENKLATUR

V	voltase atau tegangan listrik	volt
I	arus listrik	ampere
R	resistansi atau hambatan	Ω
P	power atau daya listrik	watt
E	energi listrik	kWh

UCAPAT TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Jambi, terkhusus Laboratorium Elektronika, yang telah mensupport penelitian ini untuk dapat berlangsung guna penelitian dasar tentang konsumsi energi listrik ini. Apresiasi yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada segala pihak yang terlibat dalam penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM, "Inilah Konsumsi Listrik Nasional," *Katadata*, 2018. [Online]. Available: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2018/01/11/inilah-konsumsi-listrik-nasional>. [Accessed: 22-Jul-2019].
- [2] M. S. Budiawan H, "SISTEM PENGENDALI BEBAN ARUS LISTRIK BERBASIS ARDUINO," UIN Alauddin Makassar, 2017.
- [3] I. H. Frick, *Membangun dan Menghuni rumah di Lerengan*, vol. 2. Kanisius, 2003.
- [4] ITEAD, "Non-invasive AC Current Sensor (TA12-100)," *Itead Studio*, 2013. [Online]. Available: <https://www.itead.cc/non-invasive-ac-current-sensor-ta12-100.html>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [5] A. Sulaiman, "Arduino: Microcontroller bagi pemula hingga Mahir," *Online*. Tersedia <http://buletin.balaelektronika.com>, 2012.
- [6] A. Kadir, *Simulasi Arduino*. Elex Media Komputindo, 2016.
- [7] J. T. Komputer, "IMPLEMENTASI MODUL WIFI NODEMCU ESP8266 UNTUK SMART HOME Mochamad Fajar Wicaksono Mochamad Fajar Wicaksono," vol. 6, no. 1, pp. 9–14, 2017.
- [8] Anonymous, "Arduino and DS3231 RTC example - Arduino Learning," *Arduino Learning*. [Online]. Available: <http://arduinolearning.com/code/arduino-ds3231-rtc-example.php>. [Accessed: 22-Mar-2019].
- [9] M. Isnen, T. I. Nasution, and B. Perangin-Angin, "Design of Edible Oil Degradation Tool by Using Electromagnetic Field Absorbption Principle which was Characterized to Peroxide Number," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 739, no. 1, 2016.