

SISTEM PEMANTAUAN DAN PENGENDALIAN DAYA LISTRIK SECARA REAL TIME BERBASIS MIKROKONTROLER

Fikri Muhammad Farhan¹, Endang Rosdiana², Indra Wahyu Fathonah³, Rahmat Awaludin Salam⁴
^{1,2,3,4}Prodi S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹fikrimuhammadfarhan@gmail.com, ²endangr@telkomuniversity.ac.id,
³indrafathonah@telkomuniversity.ac.id, ⁴awaludinsalam@telkomuniversity.ac.id

Diterima pada 8 Agustus 2022; disetujui pada 24 Oktober 2022; dan diterbitkan pada 31 Desember 2022.

Abstrak

Penggunaan daya listrik saat ini sudah menjadi bagian yang sangat penting sebagai sumber daya penunjang kehidupan manusia. Dewasa ini, hampir setiap hal sudah dapat dijalankan melalui daya listrik. Karena banyaknya penggunaan daya listrik di hampir semua kebutuhan sehari-hari, maka sudah tentu pemantauan penggunaannya diperlukan untuk menghindari pemborosan penggunaan energi listrik tersebut yang berdampak pada beban biaya yang harus dikeluarkan. Pada penelitian ini telah dilakukan pembuatan alat yang dapat memonitor sekaligus mengontrol penggunaan energi listrik dan biaya penggunaannya, yang kemudian hasil pemantauannya ditampilkan melalui LCD dan juga melalui aplikasi *ponsel pintar* secara *real time*. Sistem yang dirancang berbasis *internet of things* (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler yang akan memproses data dari sensor arus dan sensor tegangan menjadi besaran energi, daya, dan biaya penggunaan energi listrik sesuai dengan program yang dibuat. Berdasarkan hasil pengujian alat, diperoleh data *error* untuk pengukuran arus sebesar 2,6%, pengukuran daya 2,36%, pengukuran energi 0,3%, dan perhitungan biaya penggunaan energi listrik sebesar 0,3%.

Kata Kunci: daya, energi listrik, beban biaya, IoT, ponsel pintar

Abstract

The use of electrical power has now become a very important part as a resource to support human life. Today, almost everything can be run through electric power. Due to the large use of electrical power in almost all daily needs, it is of course necessary to monitor its use to avoid wasting the use of electrical energy which has an impact on the costs that must be incurred. For this reason, a tool has been made that can monitor and control the use of electrical energy and the cost of its use, which is then displayed through the LCD and through the smartphone application in real time. The system designed based on internet of things (IoT) uses NodeMCU ESP8266 as a microcontroller that will process data from current sensors and voltage sensors into the amount of energy, power, and the cost of electrical energy usage according to the program made. Based on the test results, the error data for measuring current is 2.6%, measuring power is 2.36%, measuring energy is 0.3%, and calculating the cost of using electrical energy is 0.3%.

Key Words: power, electrical energy, expense, IoT, smartphone

1. Pendahuluan

Energi listrik memegang peranan sangat penting saat ini. Berbagai peralatan pendukung kehidupan manusia saat ini hampir tidak terlepas dari kebutuhan terhadap energi listrik. Sadar atau tidak, energi listrik sudah banyak berkontribusi dalam setiap aktivitas. Mulai dari peralatan rumah tangga hingga perangkat industri besar, semuanya sangat memerlukan energi listrik. Konsumsi listrik terus bertambah seiring bertambahnya jumlah penduduk, infrastruktur, dan fasilitas kehidupan

lainnya.

Penggunaan energi listrik meningkat dari tahun ke tahun. Berdasarkan data dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM), konsumsi listrik pada tahun 2018 berada di 1.064 kilo Watt hour (kWh) [1]. Peningkatan penggunaan energi listrik ini sudah tentu akan berdampak pada pengeluaran biaya penggunaan energi listrik tersebut. Dengan demikian, perlu ada suatu langkah konkret untuk melakukan penghematan beban pembayaran penggunaan energi listrik agar tidak terjadi

pemborosan. Data berupa arus, tegangan, dan daya merupakan parameter yang perlu dideteksi secara nyata dan spesifik agar pemantauan penggunaan energi listrik dapat lebih optimal.

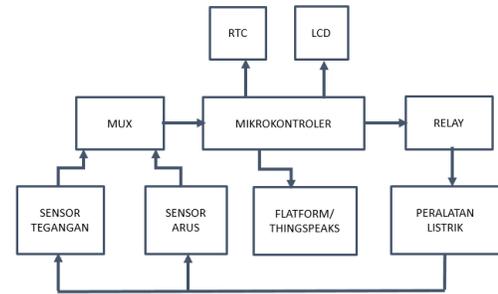
Dalam upaya penghematan penggunaan energi listrik serta memudahkan pemantauan penggunaannya, pada penelitian sebelumnya oleh Yosua [2] telah dilakukan pembuatan rancang bangun alat yang dapat mengendalikan dan memonitor biaya penggunaan listrik peralatan elektronik rumah tangga berbasis Android. Alat yang dirancang menggunakan sensor arus ACS71 untuk mengukur arus pada lampu pijar dan televisi dengan *bluetooth* sebagai media komunikasinya. Penelitian selanjutnya oleh Hamami [3] yaitu perancangan prototipe untuk memonitor biaya penggunaan listrik pada rumah kos berbasis IoT. Prototipe ini bekerja berdasarkan pengukuran tegangan oleh sensor PZEM-004T yang kemudian diproses oleh mikrokontroler Arduino untuk mendapatkan nilai energi listrik yang terpakai. Kemudian, penelitian oleh Ikwan [4] dan A. D. Pangestu, dkk [5] berupa perancangan sistem kontrol dan monitor penggunaan daya listrik berbasis Android menggunakan modul NodeMCU ESP8266 V3 yang dapat dilakukan secara jarak jauh dan *realtime*.

Rancang bangun yang sudah dilakukan oleh para peneliti di atas masih belum disertai dengan pengontrolan penggunaan peralatan listriknya. Untuk itu, pada penelitian ini telah dilakukan pengembangan berupa penambahan fitur pengontrolan penggunaan energi di mana pengguna energi listrik dapat menyalakan dan mematikan peralatan listrik dari jarak jauh secara *realtime*.

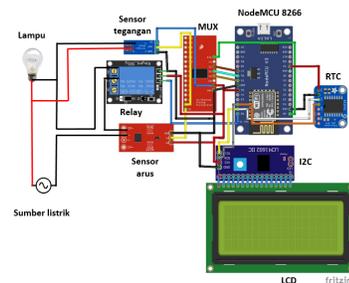
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mempersiapkan komponen-komponen yang diperlukan. Pertama adalah persiapan komponen NodeMCU ESP8266 yang berperan penting dalam pengendalian proses kinerja komponen lainnya. Selanjutnya, menghubungkan NodeMCU ESP8266 dengan sensor arus ACS712 5A dan sensor tegangan ZMPT101B yang masing-masing digunakan untuk membaca arus dan membaca tegangan pada lampu atau beban. Adapun blok diagram keseluruhan sistem yang dirancang seperti terlihat pada Gambar 1 berikut ini.

Hasil pembacaan sensor arus ACS712 5A dan tegangan ZMPT101B selanjutnya akan dikonversi menjadi besaran daya oleh NodeMCU ESP8266 dengan cara mengalikan besaran arus dan tegangan melalui program yang dibuat. Kemudian, besaran daya ini akan diubah menjadi besaran energi sesuai dengan waktu pemakaian listrik oleh beban. Adapun tarif biaya listrik akan diperoleh dengan cara mengalkulasi energi yang digunakan dikalikan dengan tarif dasar listrik yang



Gambar 1. Blok diagram sistem



Gambar 2. Desain perangkat elektronik

berlaku, yakni seharga Rp1.467. Lampu atau beban pada alat ini dapat dinyalakan atau dipadamkan secara *realtime* dari jarak jauh melalui *website/platform*.

3. Rancang Bangun Sistem

3.1 Desain Perangkat Elektronik Sistem

Gambar 2 berikut ini menunjukkan blok diagram sistem elektronik pemonitor dan pengontrol penggunaan energi listrik.

Diagram blok sistem yang dirancang terdiri dari sejumlah komponen elektronik yang meliputi sensor arus dan sensor tegangan, mikrokontroler (NodeMCU ESP8266), *relay*, *real time clock* (RTC), dan LCD. Desain perangkat keras alat di atas telah mencakup keseluruhan komponen yang digunakan, di mana setiap komponen memiliki spesifikasi atau *datasheet* tersendiri yang disesuaikan dengan kebutuhan sistem.

Sensor tegangan dan arus berguna untuk mengetahui besar tegangan dan arus terdapat pada rangkaian. Sensor arus yang digunakan adalah tipe ACS712ELCTR-05B-T yang bekerja berdasarkan efek medan yang kemudian akan diubah menjadi tegangan yang proporsional. Sensor ini dilengkapi pula dengan penguat operasional yang memiliki nilai sensitivitas cukup tinggi terhadap perubahan arus yang kecil [6]. Adapun sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan pada suatu rangkaian listrik. Sensor tegangan yang digunakan adalah jenis modul (ZMPT101B) yang dapat membaca tegangan dengan arus bolak balik. Sensor ini dilengkapi pula dengan transformator



Gambar 3. Ilustrasi komunikasi IoT

tegangan mikro sehingga pengukuran dapat lebih akurat [7]. Sebagai unit sentral dari sistem digunakan sebuah mikrokontroler berupa NodeMCU ESP8266 yang mengolah data dari sensor sesuai dengan program yang dibuat. Sinyal keluaran mikrokontroler selanjutnya akan menggerakkan aktuator sesuai dengan alamatnya. NodeMCU ESP8266 juga dilengkapi dengan modul Wifi untuk mempermudah pengguna dalam pengintegrasian sistem pemantauan dan pengontrolan penggunaan energi listrik [8].

Sistem ini juga dilengkapi dengan *relay* yang bekerja secara otomatis berdasarkan gaya elektromagnetik jika dialiri arus listrik. Dalam hal ini, *relay* berfungsi menyalakan dan mematikan peralatan listrik secara otomatis dari jarak jauh setelah ada instruksi dari mikrokontroler

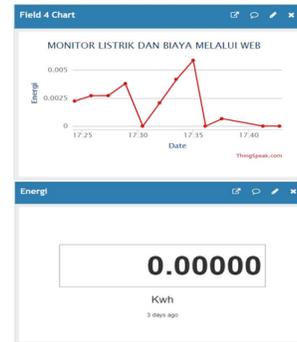
Dalam sistem ini juga terdapat RTC yang digunakan untuk memantau sekaligus menyimpan data tentang waktu (detik, menit, jam, tanggal, bulan dan tahun) secara *real time*. Memori waktu dalam RTC tetap *up to date* meskipun sistem dalam keadaan mati. RTC yang digunakan adalah tipe DS3231 [9].

3.2 Desain Perangkat Lunak Sistem

3.3 Internet of Things (IoT)

IoT adalah suatu sistem perangkat lunak yang memiliki kemampuan menransfer data dari hasil pemrosesan mikrokontroler ke aplikasi yang ada menuju *database* yang sudah tersedia. Gambar 3 memperlihatkan bagaimana komunikasi peralatan dengan gawai [10].

Gambar 3 memperlihatkan proses jalinan komunikasi antar alat yang telah dibuat dengan perangkat lainnya seperti ponsel pintar, laptop dan komputer. Jalinan komunikasi tersebut diawali dengan terhubungnya mikrokontroler NodeMCU 8266 dengan Wifi atau jaringan internet (*cloud*) yang kemudian data dari hasil pengolahan mikrokontroler NodeMCU 8266 dikirim ke *platform* dan ditampilkan melalui *website* [11].



Gambar 4. Tampilan data energi listrik



Gambar 5. Tampilan pemantauan dan pengontrolan

3.4 Thingspeak

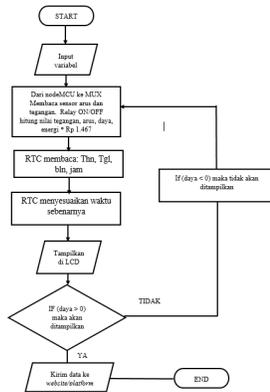
Thingspeak adalah server yang dikhususkan untuk *Internet of Things (IoT) Device*. Thingspeak berupa suatu platform yang dapat membantu komunikasi dalam sistem IoT. Dengan membuat akun pada situs Thingspeaks dan dilanjutkan dengan menginputkan beberapa kode program ke dalam mikrokontroler, maka ponsel pintar akan terhubung dengan alat. Kemudian, data hasil pembacaan berupa arus, tegangan, daya, dan energi listrik akan ditampilkan di LCD dan di *website/Thingspeaks* [11]. Gambar 4 merupakan contoh tampilan data penggunaan energi listrik.

3.5 HTML

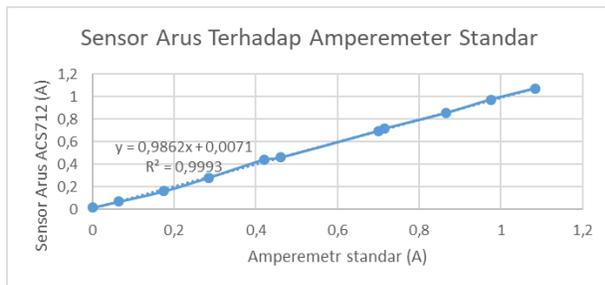
Hypertext Mark Up Language (HTML) adalah suatu bahasa standar pemrograman yang digunakan untuk menuliskan teks pada pembuatan suatu *website* yang dapat diakses dengan internet. Pada sistem yang dirancang ini, tampilan untuk pengendalian pemadaman dan penyalaan lampu melalui *website* adalah seperti yang terlihat pada Gambar 5 berikut ini.

3.6 Diagram Alir Perangkat Lunak

Desain perangkat lunak menggunakan *website* sebagai tampilan *dashboard* pemantauan yang menampilkan data berupa arus (I), tegangan (V), daya listrik (P), energi listrik (kWh). Gambar 6 berikut ini adalah diagram alir perangkat lunaknya.



Gambar 6. Diagram alir perangkat lunak



Gambar 7. Grafik hasil kalibrasi sensor arus

4. Hasil dan Diskusi

4.1 Kalibrasi Sensor

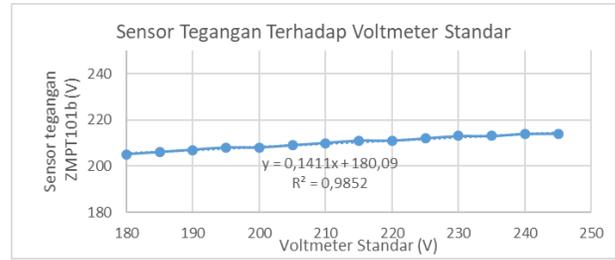
Proses kalibrasi sensor arus dan tegangan menggunakan multimeter sebagai kalibratornya. Grafik pada Gambar 7 berikut ini menunjukkan hasil kalibrasi sensor arus dan tegangan.

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8, hasil kalibrasi sensor yang digunakan menunjukkan korelasi yang baik dengan hasil pembacaan alat ukur standar. Hal tersebut ditunjukkan dari nilai regresi linier yang ditunjukkan oleh grafik, yakni 0,9993 dan 0,9852, masing-masing untuk sensor arus dan sensor tegangan. Namun demikian, meskipun linieritas yang diperoleh baik, sensitivitas yang ditunjukkan oleh sensor tegangan tergolong rendah dengan nilai sensitivitas sebesar 0,1411.

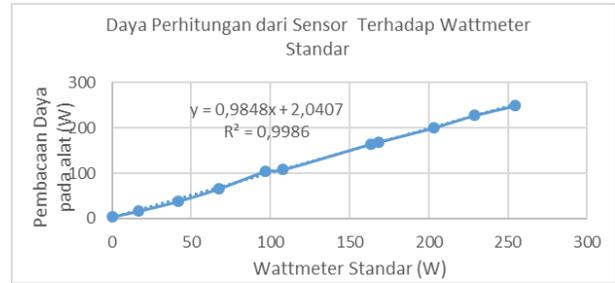
4.2 Pengukuran Daya Listrik

Pengukuran daya listrik diperoleh dengan cara mengalikan hasil pengukuran tegangan dan arus yang dilakukan oleh mikrokontroler melalui program yang telah dibuat. Untuk mengetahui akurasi dalam pengukuran daya, maka dilakukan perbandingan dengan menggunakan alat ukur standar daya yaitu Wattmeter. Gambar 9 menunjukkan grafik hasil pengukuran daya listrik.

Dari Gambar 9 di atas, diperoleh harga linieritas R2 = 0,9848. Ini menunjukkan bahwa proses pengukuran



Gambar 8. Grafik hasil kalibrasi sensor tegangan



Gambar 9. Grafik hasil pengukuran daya listrik

dari alat mendekati nilai Wattmeter. Selanjutnya, dilakukan pengukuran daya terhadap sejumlah variasi daya lampu dengan hasil seperti terlihat pada tabel 1 berikut ini.

4.3 Pengukuran Energi Listrik

Pengukuran energi listrik diperoleh dengan cara mengalikan daya listrik dengan waktu, yang dilakukan oleh mikroprosesor. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antara pengukuran alat dan kWh meter. Gambar 10 berikut merupakan grafik hasil pengukuran energi listrik.

Berdasarkan pengolahan grafik pada Gambar 10, diperoleh nilai regresi linier 1. Ini berarti adanya korelasi yang baik antara alat yang dirancang dan kWh meter.

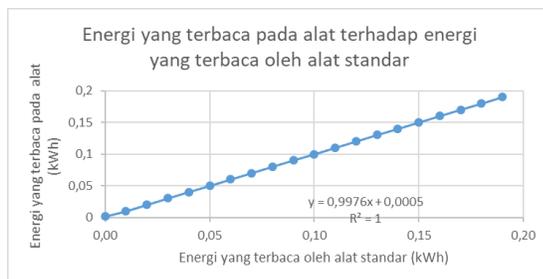
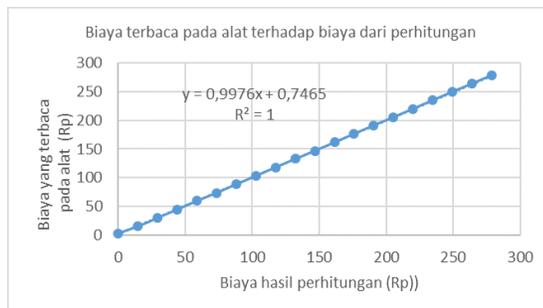
4.4 Perhitungan Biaya Listrik

Perhitungan biaya penggunaan listrik ditentukan berdasarkan penggunaan energi oleh beban dikalikan dengan tarif listrik yang telah ditetapkan oleh PLN. Kemudian biaya yang ditampilkan oleh alat dibandingkan dengan biaya yang diperoleh melalui hasil perhitungan. Gambar 11 berikut menunjukkan grafik biaya listrik yang terbaca oleh alat.

Serupa dengan hasil perhitungan sistem terkait energi listrik yang telah dikonsumsi, biaya yang ditunjukkan oleh alat, menunjukkan hal yang serupa dengan nilai linearitas 0,9976 dan nilai regresi 1 sebagaimana ditunjukkan oleh Gambar 11.

Tabel 1. Hasil pengukuran daya beberapa variasi lampu

No	Daya Lampu (Watt)	kWh meter (Watt)	Sensor daya (Watt)
1	0	0	3,735685
2	15	16,5	16,5848
3	40	41,5	38,12921
4	65	67,5	66,32495
5	100	97	104,7216
6	105	108	108,4386
7	160	163,5	164,9608
8	165	168	169,0355
9	200	203	200,8796
10	225	229	228,3715
11	250	254,5	249,3098

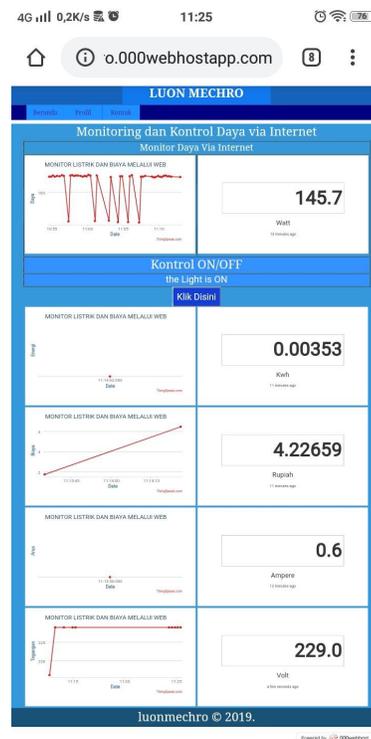
**Gambar 10. Grafik pengukuran energi listrik****Gambar 11. Grafik biaya penggunaan energi listrik**

4.5 Tampilan Website

Website yang dirancang akan menampilkan hasil pemantauan arus, tegangan, daya listrik, energi listrik, dan tarif penggunaan listrik. Gambar 12 di bawah ini menunjukkan data tentang biaya, energi, daya, arus, tegangan dan waktu yang dapat dipantau dan dikontrol setiap saat melalui website.

5. Kesimpulan

Sistem pemantauan dan pengendalian daya listrik yang dirancang telah berhasil memantau dan mengontrol arus, tegangan, dan daya listrik dari jarak jauh dan secara *real time*. Hasil unjuk kerja alat untuk kalibrasi diperoleh nilai regresi linier untuk sensor arus dan sensor tegangan

**Gambar 12. Tampilan informasi penggunaan energi listrik pada website**

masing-masing senilai 0,9993 dan 0,9852 dengan sensitivitas tergolong rendah, yakni sebesar 0,1411. Kemudian, regresi linier untuk pengukuran daya listrik, energi listrik, dan perhitungan biaya penggunaan listrik, masing-masing senilai 0,9848, 1 dan, 0,9976. Adapun *error* rata-rata yang diperoleh untuk pembacaan daya oleh alat adalah sebesar 2,36%, pembacaan energi 0,3%, dan pembacaan biaya beban listrik adalah 0,3%.

Daftar Pustaka

- [1] Fadhy Fauzi Rachman (24 Jan 2019). "Konsumsi Listrik Nasional Naik Jadi 1.064 kWh per Kapita". [online]. Available: <https://finance.detik.com/energi/d-4399323/konsumsi-listrik-nasional-naik-jadi-1064-kwh-per-kapita>. (accessed July.15, 2021)
- [2] Yosua., Model Sistem Tagihan Listrik dan Pengendali Arus dengan Menggunakan Sensor Arus., Jurnal TESLA— VOL. 19 — NO. 1 — MARET 2017 —.
- [3] Hamami, K., Mukhsim, M., & Siswanto, D. Prototipe Sistem Monitoring Biaya Penggunaan Listrik Pada Rumah Kos Berbasis IoT, *JASEE Journal of Application and Science on Electrical Engineering*, 1(02), 100–110. <https://doi.org/10.31328/jasee.v1i02.12>, 2020.
- [4] Ikwan, & Djaksana, Y. M. "Perancangan Sistem Monitoring dan Kontroling Penggunaan Daya Listrik Berbasis Anroid.". Jurnal Riset Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi (JURSISTEKNI), 3(1), 13 -. <https://doi.org/10.52005/jursistekni.v3i1.66>, 2021
- [5] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino NodeMCU Esp8266, Univ. Muhammadiyah Palembang, Vol. 4, No. 1, Pp. 187–197, Doi: 10.31851/Ampere.V4i1.2745, 2019.
- [6] Ruri Ashari Dalimunthe, Pemantau Arus Listrik Berbasis Alarm Dengan Sensor Arus Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno. Seminar Nasional Royal (SENAR) 2018 ISSN 2622-9986 STMIK Royal – AMIK Royal, hlm. 333 – 338, 2018.
- [7] L.S. Pamungkas , N Damastuti. Teknologi IoT dan Arduino Guna Pemantauan Arus Dan Tegangan Listrik., e-NARODROID, 2018 – Vol 4 N0.2 2018.
- [8] Edy Supriyadi, Rancang Bangun System Monitoring dan Kendali Listrik Rumah Tangga Berbasis ESP8266 NodeMCU, Sinusoida Vol. XXII No. 4, Oktober 2020, p-ISSN 1411 - 4593, e-ISSN 2722 - 0222
- [9] S. Samsugi1, Ardiansyah, Dyan., "Kastutara1 Arduini dan modul Wifi ESP8266 Sebagai Media Kendali Jarak Jauh Dengan Antarmuka Berbasis Android", Jurnal TEKNOINFO, Vol. 12, No. 1, 2018, 23-27. ISSN 1693-0010
- [10] Budi Prayitno , Pritasari Palupiningsih, , dan Herman Bedi Agtriadi., "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things." Jurnal Petir., Vol. 12, No. 1, Maret 2019, P-ISSN 1978-9262, E-ISSN 2655-5018.
- [11] S. W. Modjanarko, S. Winardi and A. D. Limantara, "Pemanfaatan Internet of Things (IoT) Sebagai Solusi Manajemen Transportasi Kendaraan Sepeda Motor," *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah X (ATPW)*, no. ISSN: 2301-6752, pp. 151-164, 5 Agustus 2017.