

RANCANG BANGUN PROTOTIPE SISTEM KONTROL DAN PEMONITORAN ENERGI LISTRIK PADA STOPKONTAK ARDE BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DENGAN APLIKASI ANDROID

Shahdat Maulani¹⁾ dan M. Bahrul Ulum²⁾

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Esa Unggul

^{1,2}Jl. Arjuna Utara No.9, Duri Kepa, Kec. Kb. Jeruk, Jakarta Barat, 11510

E-mail: shahdatmaulani@gmail.com¹⁾, m.bahrul_ulum@esaunggul.ac.id²⁾

ABSTRAK

Penelitian ini bermaksud membangun sistem untuk mengendalikan dan memantau konsumsi listrik di stopkontak dengan mudah melalui aplikasi Android, berikut mencegah pemborosan energi listrik akibat masyarakat tetap mencolok steker perangkat elektronik tidak terpakai. Pengembangan sistem mengaplikasikan metode prototipe kebutuhan. Peneliti membuat stopkontak berjenis portabel yaitu stopkontak arde dengan tiga soket listrik dan aplikasi Android bersifat *native*. Pembuatan stopkontak arde memasang TRIAC, PZEM-004T, Hi-Link, dan ESP-12E dirakit dengan PCB *Copper Clad* dan diprogram dengan bahasa pemrograman C++ melalui Arduino IDE. Aplikasi Android dibuat dengan bahasa pemrograman Java dan hanya kompatibel di gawai Android versi *Lollipop* sampai *Snow Cone*. Terdapat *back-end system* yakni *Hostinger* adalah web *hosting* sebagai server, tempat penyimpanan, dan penyedia MySQL (manajemen dan pengolahan data) diprogram dengan bahasa pemrograman PHP, dan JSON sebagai format pertukaran data antara web *hosting* dan aplikasi Android. Hasil penelitian adalah prototipe stopkontak arde berbasis *Internet of Things* (IoT) dan aplikasi Android bernama SMMUPS (*smart power multi-plug*). Setiap soket listrik di stopkontak arde akan mati secara otomatis jika ada arus listrik tidak sesuai kebutuhan melalui program nilai minimal arus listrik. Potensi penelitian pada masa depan, antara lain mengintensifkan tampilan aplikasi Android, meningkatkan nilai keakuratan pengukuran konsumsi listrik, menambahkan fitur akumulasi daya, dan membuat aturan nilai minimal arus listrik dapat diubah melalui aplikasi Android.

Kata Kunci: Sistem Kontrol, Pemantauan, Konsumsi Listrik, Stopkontak Arde, IoT, Android

1. PENDAHULUAN

Teknologi kian maju dan bertumbuh menjadikan listrik salah satu sumber tenaga sangat penting untuk manusia dalam menunjang aktivitas sehari-hari (Rahmadyani and E. Kusuma, 2019). Total konsumsi energi listrik dunia terus meningkat selama tiga dekade sejak tahun 1990, menempatkannya di peringkat kedua membuktikan hal tersebut (IEA, 2022). Indonesia merupakan salah satu negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia, juga mengalami peningkatan konsumsi energi listrik, melihat histogram pemakaian energi listrik domestik per kapita meningkat setiap tahunnya. Hal ini disebabkan pemerintah, menargetkan penyaluran tenaga listrik merata dan peningkatan daya tampung pada pembangkit listrik (Kementrian ESDM, 2023). Maka penggunaan energi listrik secara cermat dan efisien perlu dilakukan masyarakat karena kondisi demikian. Terlebih lagi, sumber daya pembangkit listrik Indonesia, terutama dari pembakaran batu bara (Adi and Lasnawatin, 2021), menimbulkan emisi karbon di mana dapat membahayakan kesehatan dan menyebabkan kerusakan lingkungan, seperti polusi udara, pemanasan global, dan perubahan iklim (Wahyu Sabubu, 2020). Salah satu tindakan menghemat energi listrik adalah mencabut steker perangkat elektronik tidak terpakai di stopkontak (Wulansari dkk., 2020). Terkhusus perangkat elektronik

memiliki penggunaan daya siaga atau *standby power*, contohnya pengisi daya, penanak nasi, komputer, televisi, media *player*, *speaker*, dan *set-top box* (Meier, 2022). Terlihat sepele, tetapi banyak orang sering mengabaikan tindakan itu karena proses tidak praktis dan kepedulian masyarakat terhadap penghematan energi listrik yang kurang (Rahmadyani and E. Kusuma, 2021, 2019).

Penggunaan daya siaga atau *standby power* merupakan daya listrik dikonsumsi peralatan atau perangkat di saat menunggu untuk melakukan pekerjaan fungsi utamanya. Penggunaan daya siaga terjadi hampir di semua perangkat elektronik dilengkapi dengan tampilan digital, kendali jarak jauh, atau koneksi jaringan. Setiap perangkat menggunakan daya siaga memiliki jumlah konsumsi daya listrik kecil, sering kali kurang dari satu watt, tetapi ada miliaran. Berbeda dengan tiga puluh tahun lalu, perangkat dengan konsumsi daya siaga jarang terjadi. Pada zaman sekarang, banyak perangkat elektronik sebagian besar total penggunaan energi listrik tahunannya di mode siaga (Meier, 2019).

Konsumsi daya siaga oleh peralatan atau perangkat listrik dalam rumah dapat mencapai satuan hingga belasan persen dari penggunaan listrik. Terobosan teknologi telah mengurangi konsumsi daya siaga pada



beberapa produk, seperti pengisi daya ponsel, bermula lebih dari dua watt menjadi kurang dari satu watt sekarang. Pasokan listrik bertegangan rendah umumnya memiliki konsumsi daya siaga di bawah setengah watt. Namun, dalam dua dekade terakhir, jumlah perangkat bergantung pada listrik dan terus mengonsumsi daya selalu bertambah, terutama perangkat dalam *Internet of Things* (IoT). Hal ini menghadirkan tantangan baru dalam pengelolaan konsumsi energi listrik (Gerber dkk., 2019).

Terdapat beberapa penelitian perihal pengembangan sistem untuk mengelola pemakaian listrik pada stopkontak berbasis *Internet of Things* (IoT), antara lain penelitian mengenai sistem pengontrolan arus listrik pada stopkontak *outbow* melalui tombol di aplikasi *Blynk* (Dahroni dkk., 2020). Penelitian mengenai sistem pengontrolan arus listrik pada stopkontak arde melalui tombol di aplikasi Android *native* (Sudaryanto dkk., 2020). Penelitian mengenai sistem pengontrolan arus listrik pada stopkontak arde melalui tombol di aplikasi *website*. Selain itu, aplikasi menampilkan riwayat konsumsi listrik berbentuk tabel di mana memuat tegangan, faktor daya, arus dan daya listrik per 5 detik (Quzania dkk., 2020). Penelitian mengenai sistem pemantauan konsumsi daya listrik pada stopkontak *outbow* melalui aplikasi *Blynk*. Selain itu, aplikasi menampilkan riwayat konsumsi daya listrik berbentuk diagram garis secara *real time* (Hadi dkk., 2022). Penelitian mengenai sistem pengontrolan arus listrik pada stopkontak *outbow* melalui tombol dan waktu di aplikasi *Blynk*. Selain itu, aplikasi menampilkan suhu stopkontak dan konsumsi listrik berisi tegangan, frekuensi, faktor daya, arus, daya, dan energi listrik. Terdapat riwayat konsumsi listrik berbentuk diagram garis di mana memuat tegangan, suhu, dan daya listrik per 5 detik. Pengamanan stopkontak berbentuk indikator suhu untuk mencegah terjadi kebakaran (Aula and Syaifurrahman, 2022).

Terlihat sistem dibuat penelitian terdahulu hanya dapat mencegah pemborosan energi listrik jika pengguna melepas steker perangkat elektronik di stopkontak setelah selesai pemakaian atau mematikan stopkontak melalui aplikasi *mobile* atau web. Meskipun begitu, pengguna bisa lalai melakukan hal tersebut. Oleh karena itu, untuk mencegah perkara demikian, peneliti membuat stopkontak arde serta-merta padam jika ada perangkat elektronik tidak digunakan tetapi tetap tercolok, sehingga pengguna tidak perlu menarik steker perangkat elektronik dari stopkontak. Selain itu, pengguna dapat melihat konsumsi listrik dan mengendalikan setiap soket listrik di stopkontak arde melalui aplikasi Android. Stopkontak arde merupakan salah satu jenis colokan listrik sering digunakan di rumah tangga karena mudah dibawa, lepas-pasang, dan memiliki banyak soket listrik.

2. RUANG LINGKUP

Penelitian ini berniat merancang stopkontak dapat mencegah penggunaan energi listrik percuma dan mempermudah masyarakat mengontrol arus listrik serta memonitor konsumsi listrik melalui aplikasi *mobile*.

Penelitian membuat aplikasi Android murni dan salah satu jenis stopkontak portabel, yakni stopkontak arde memiliki 3 soket listrik. Aplikasi hanya dapat diinstal pada *smartphone* Android dengan sistem operasi versi *Lollipop* sampai *Snow Cone* atau *version number* 21 – 31.

Penelitian mengukur konsumsi listrik arus bolak-balik oleh perangkat elektronik dengan modul sensor PZEM-004T. Pengukuran variabel meliputi arus listrik dengan rentang nilai 0,00 A hingga 100 A, tegangan dengan rentang nilai 50 V hingga 260 V, faktor daya dengan rentang nilai 0,00 hingga 1, daya listrik dengan rentang nilai 0,00 W hingga 2,3 kW, dan energi listrik dengan rentang 0,00 kWh hingga 9999.99 kWh. Hasil pengukuran ditampilkan melalui aplikasi Android.

Modul pengendali arus bolak-balik digunakan adalah TRIAC. Modul dikontrol melalui tombol aplikasi Android. Hasil penelitian adalah prototipe stopkontak arde berbasis IoT dan aplikasi Android.

3. BAHAN DAN METODE

Penelitian menggunakan bahan, metode, dan teori diuraikan secara ringkas sebagai berikut.

3.1 Arsitektur Sistem Berbasis IoT

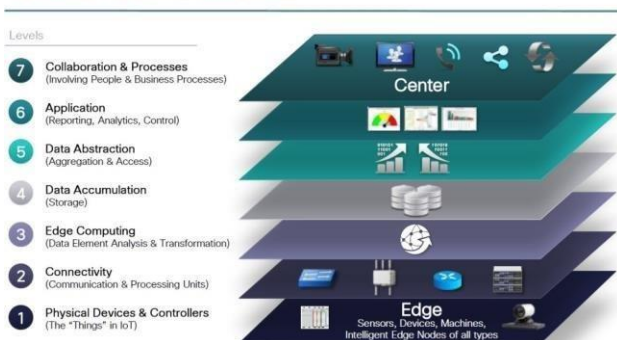
IoT atau *Internet of Things* merupakan istilah merujuk pada suatu ekosistem, di mana sebuah objek dapat mengirimkan informasi melalui jaringan internet tanpa perlu ada interaksi manusia atau mesin. Banyak mengaitkan IoT dengan teknologi RFID (*radio frequency identification*) sebagai metodenya, namun teknologi lain, seperti nirkabel dan kode QR (*Quick Response*), juga bisa menjadi bagian dari IoT. Kemampuan IoT sangat beragam, antara lain membagikan data, mengendalikan objek dari jarak jauh, dan masih banyak lagi. IoTWF (*Internet of Things World Forum*) mereferensikan arsitektur saat membuat sistem berbasis IoT terdiri atas 7 lapisan yaitu (Hakim, 2018; Yudhanto and Azis, 2019):

1. Pengendali dan perangkat fisik (*Physical devices & controller*), lapisan pertama di mana “*things*” atau benda pada *Internet of Things* berada. Perspektif desain sistem, “*things*” adalah pengelolaan sensor dan perangkat fisik.
2. Konektivitas (*Connectivity*), lapisan kedua berfungsi sebagai penghubung antara sensor dan perangkat fisik ke komputasi lokal (*edge computing*) menggunakan teknologi jaringan internet, contoh 4G atau Wifi.
3. Komputasi lokal (*Edge computing*), lapisan kedua yaitu tempat komputasi data ditransmisikan sensor untuk disimpan di suatu basis data.

4. Akumulasi data (*Data accumulation*), lapisan ketiga yaitu tempat memanipulasi data, contoh SQL atau NoSQL.
5. Abstraksi data (*Data abstraction*), lapisan kelima yaitu tempat mengurus arus data di bagian server atau *cloud*, di mana data masuk akan ditujukan ke suatu tempat lain, contoh visualisasi, *machine learning*, atau lainnya.
6. Aplikasi (*Application*), lapisan keenam yaitu tempat atau platform mengontrol dan menjalankan data antara lain pemantauan, analisis statistik, logika kontrol, dan lain-lain.
7. Pemroses dan kolaborasi (*Collaboration & processes*), lapisan terakhir yaitu pemrosesan data melibatkan interaksi atau kerja sama pengguna.

Dari uraian di atas agar mudah dipahami, arsitektur IoT dapat diilustrasikan seperti Gambar 1.

IoT World Forum Reference Model



Gambar 1. Arsitektur IoT

3.2 Teknik Pengembangan Sistem

Penelitian menerapkan metode prototipe kebutuhan saat rancang bangun sistem. Metode prototipe kebutuhan adalah pengembangan sistem, di mana pengembang menentukan fungsi dan prosedur sistem karena pengguna tidak dapat mendefinisikan kebutuhannya (Mulyani, 2017). Pengembang menciptakan maket atau model sistem agar dapat melakukan perubahan situasional terhadap kebutuhan pengguna yang kurang jelas sehingga sangat cocok untuk membangun sistem berorientasi terhadap pemecahan masalah pengguna dalam waktu singkat (Harianto dkk., 2022). Rangkaian tahap dilakukan yaitu (Mulyani, 2017):

1. Analisis keperluan sistem adalah proses identifikasi segala kebutuhan sistem.
2. Perancangan prototipe sistem adalah tahap membuat visualisasi model sistem.
3. Pengkajian prototipe adalah mengecek apakah model sistem sudah sesuai rancangan.
4. Penulisan kode sistem adalah membuat program sistem.
5. Pengujian sistem adalah mengecek sistem apakah bisa berjalan dengan baik.
6. Pengkajian ulang sistem adalah mengecek apakah sistem telah dibuat dan diuji sesuai harapan. Jika ya,

lanjutkan ke step berikutnya. Jika tidak, ulangi proses penulisan kode dan pengujian sistem.

7. Pemakaian sistem adalah sistem telah diuji dan disetujui siap digunakan pengguna.

3.3 Analisis Kebutuhan Sistem

Menurut (Hakim, 2018), pengembangan sistem berbasis IoT memerlukan perangkat, sensor, dan modul sebagai berikut.

Stopkontak arde sebagai perangkat fisik (*things*) akan dikontrol dan diukur konsumsi listrik. Menurut terjemahan bahasa Indonesia dari kamus bahasa Inggris *Merriam Webster*, stopkontak arde atau *power strip* adalah peralatan listrik terdapat kabel dengan colokan listrik atau steker di ujung dan beberapa soket atau lubang listrik di ujung lainnya ("Power Strip," n.d.). Secara fisik bentuk stopkontak arde seperti Gambar 2. Stopkontak arde berfungsi untuk menghubungkan perangkat elektronik tidak terjangkau oleh sumber listrik atau stopkontak dinding.



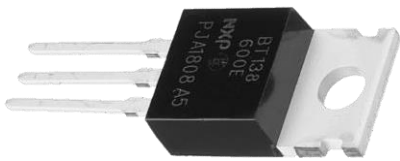
Gambar 2. Stopkontak Arde

Hi-Link sebagai konverter tegangan dan penyuplai sumber listrik untuk ESP-12E dan PZEM-004T. Hi-Link adalah modul catu daya dengan arus bolak-balik atau arus searah berukuran kecil dan efisien. Hi-Link diproduksi oleh PT Shenzhen Hi-Link Electronics. Hi-Link dapat mengonversikan arus bolak-balik menjadi searah dan menurunkan tegangan (Shenzen, 2018). Secara fisik bentuk Hi-Link seperti Gambar 3.



Gambar 3. Hi-Link

TRIAC sebagai pengontrol arus listrik. TRIAC merupakan modul elektronik berupa perangkat *thyristor* untuk mengatur arus bolak-balik, sebab TRIAC dapat mengalirkan arus listrik pada dua arah saat diaktifkan atau istilahnya *Bidirectional triode thyristor* (Nugraha and Eviningsih, 2022). Secara fisik bentuk TRIAC seperti Gambar 4.



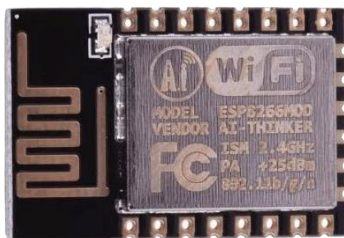
Gambar 4. TRIAC

PZEM-004T sebagai pendeteksi dan penaksir listrik. PZEM-004T merupakan modul sensor elektronik serbaguna karena dapat mengukur tegangan, faktor daya, arus bolak-balik, daya, dan energi listrik (Harahap dkk., 2020). Modul PZEM-004T diproduksi oleh perusahaan Peacefair dengan model 10 ampere dan 100 ampere. Modul PZEM-004T bermanfaat untuk mengontrol dan mengoptimalkan penggunaan daya dan energi listrik (Marzuarman dkk., 2021). Secara fisik bentuk PZEM-004T seperti Gambar 5.



Gambar 5. PZEM-004T

ESP-12E sebagai mikrokontroler untuk PZEM-004T dan TRIAC, konektivitas, dan komputasi lokal diprogram dengan C++ melalui Arduino IDE (Romero, 2023). ESP-12E adalah salah satu jenis *chip* Wi-Fi ESP8266 memiliki delapan pin input atau *output* (*pinout*). ESP-12E biasa digunakan pada proyek *embedded system* berbasis IoT karena memiliki banyak *pinout* (Abdullah, 2022). Secara fisik bentuk ESP-12E seperti Gambar 6.



Gambar 6. ESP-12E

Gawai Android sebagai platform untuk memasang sistem aplikasi dan antarmuka pengguna. Android adalah sistem operasi komputer untuk gadget. Android bersifat *open source*, memberikan kesempatan kepada

pengembang merancang dan membangun aplikasi *mobile* mereka sendiri. Pengembangan aplikasi Android menggunakan bahasa Java atau Kotlin untuk menulis kode. Selain itu, memerlukan Android SDK (*Software Development Kit*), JDK (*Java Development Kit*), dan *Integrated Development Environment* (IDE) yaitu Android Studio, dan emulator untuk menguji aplikasi Android (Asya dkk., 2021).

Web *hosting* sebagai tempat penyimpanan, manajemen, dan pengolahan data diprogram dengan PHP dan SQL (*Structured Query Language*) sebagai antarmuka pemrograman aplikasi atau API (*Application Programming Interface*) (Sotnik dkk., 2023). Web *hosting* merupakan lokasi publikasi dan penyimpanan semua sumber daya agar pengunjung dapat mengakses suatu situs web. Sumber daya dimaksud, seperti server, DBMS (*Database Management System*), dan lain-lain. Peran utama web *hosting* adalah mengelola dan menjalankan server secara efisien, melindungi situs web, dan memastikan pengunjung dapat dengan mudah mengakses semua jenis data, seperti teks, gambar, file, dan lain-lain (Ariata, 2023).

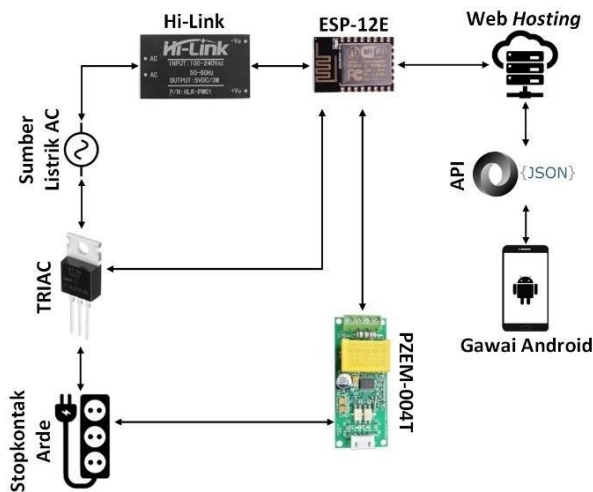
JSON sebagai pertukaran data antara web *hosting* dan aplikasi Android diprogram dengan PHP (Roihan dkk., 2019). *Javascript Object Notation*, sering disingkat JSON adalah format pada tipe data bahasa pemrograman *javascript* berbentuk dokumen, terdiri dari pasangan nilai-kunci (*key-value*), di mana nilai (*value*) bisa lagi menjadi dokumen JSON tingkat bersarang. JSON sering digunakan sebagai pertukaran data antara *browser* dan server, server ke server, dan server ke klien karena sifatnya ringan (Bourhis dkk., 2020). Bentuk data JSON seperti Gambar 7.

```
{
  "name": {
    "first": "John",
    "last": "Doe"
  },
  "age": 32,
  "hobbies": ["fishing", "yoga"]
}
```

Gambar 7. Data JSON

Komponen-komponen di atas membentuk arsitektur sistem seperti Gambar 8. Selain itu, digunakan bahan dan perangkat keras dan lunak sebagai berikut:

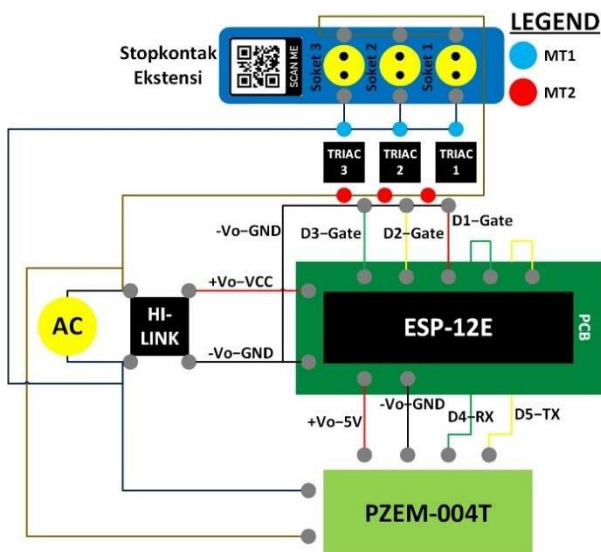
1. Laptop : Acer Aspire A514-54
2. Gadget : Samsung Galaxy A80
3. Bahan : Kabel listrik 1 m dan steker
4. Alat : *Printer* 3D
5. Sistem Operasi : Windows 11
6. Android IDE : Android Studio Giraffe 2022.3.1
7. Arduino IDE : Arduino IDE 2.1.1
8. Web *Hosting* : Hostinger
9. DBMS : MySQL



Gambar 8. Arsitektur Sistem

3.4 Perancangan Sistem

Pada stopkontak arde dipasang PZEM-004T, TRIAC, Hi-Link, dan ESP-12E dengan PCB *Copper Clad* membentuk model seperti Gambar 9.



Gambar 9. Desain Model Stopkontak Arde

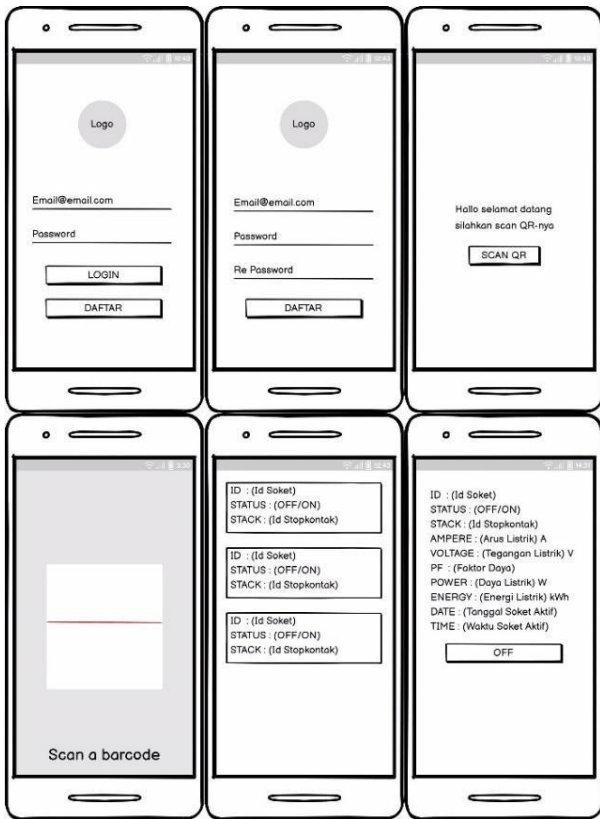
Garis-garis saling terhubung mengilustrasikan koneksi *pinout* sensor dan *pinout* modul menggunakan kabel listrik. *Pinout* adalah portal komunikasi antara sensor dan modul fungsinya dijelaskan di Tabel 1.

Tabel 1. Daftar *Pinout* pada Model Stopkontak Arde

Nama	Deskripsi
AC	Sumber listrik dengan arus bolak-balik
+Vo	Tempat mengalir arus searah dan tegangan positif
-Vo	Tempat mengalir arus searah dan tegangan negatif ke <i>ground</i>
GND	Tempat mengalir arus searah dan tegangan

Nama	Deskripsi
VCC	negatif Tempat mengalir arus searah dan tegangan positif
D1	Tempat mengirim data digital dari ESP-12E ke terminal <i>gate</i> TRIAC 1
D2	Tempat mengirim data digital dari ESP-12E ke terminal <i>gate</i> TRIAC 2
D3	Tempat mengirim data digital dari ESP-12E ke terminal <i>gate</i> TRIAC 3
D4	Tempat mengirim data UART ke RX PZEM-004T
D5	Tempat menerima data UART dari TX PZEM-004T
5V	Tempat mengalir arus searah dan tegangan positif 5V berawal dari +Vo Hi-Link ke +Vo PCB
RX	Tempat menerima data UART dari D4 ESP-12E.
TX	Tempat mengirim data UART ke D5 ESP-12E
Gate	Tempat mengirim data digital dari TRIAC 1, TRIAC 2, dan TRIAC 3 ke D1, D2, dan D3 ESP-12E
MT1	Tempat mengalir arus bolak-balik
MT2	Tempat mengalir arus bolak-balik

Perancangan aplikasi Android bernama SMMUPS. Nama tersebut merupakan akronim dari *smart power multi-plug* atau stopkontak arde pintar dalam istilah bahasa Indonesia. Aplikasi SMMUPS memiliki 6 antarmuka dengan gambar rangka (*wireframe*) dari setiap menu seperti Gambar 10.



Gambar 10. Wireframe Aplikasi SMMUPS

3.5 Pengodean Program Stopkontak Arde

Di dalam ESP-12E dibuat sebuah program mengatur nilai minimum arus listrik mengalir dengan diagram alur seperti Gambar 11. Program ini untuk mencegah pemborosan energi listrik, terpenting di perangkat memiliki mode siaga. Mula-mula, ESP-12E melakukan persiapan modul. Kemudian, modul sensor PZEM-004T membaca dan mengukur arus listrik, tegangan, dan faktor daya dari setiap soket listrik di prototipe stopkontak arde secara sekuens. Lalu, sensor PZEM-004T mengirimkan data hasil pengukuran ke ESP-12E. Setelah itu, ESP-12E mengirimkan data tersebut ke *back-end system* untuk memproses dan menghitung konsumsi daya listrik dengan arus bolak-balik (Listiyarini, 2018; Nugraha and Eviningsih, 2022). Penghitungan daya listrik memakai rumus lebih kompleks seperti persamaan (1). Hal ini karena arus listrik dan tegangan bergerak dengan pola berbentuk gelombang sinus, sehingga diperlukan derajat gelombang yaitu $\cos \theta$.

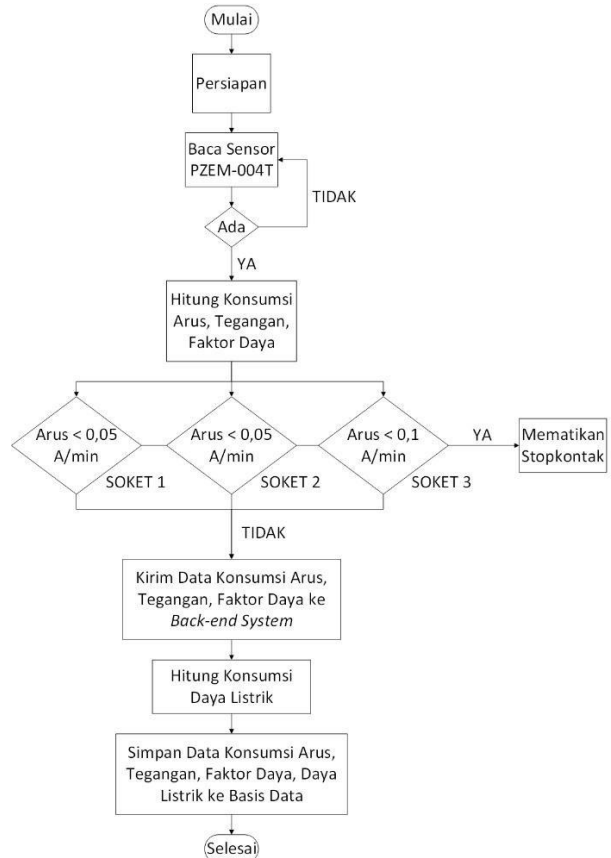
$$P = V \times I \times \cos \theta \quad (1)$$

P (1) adalah daya listrik dengan satuan watt dilambangkan W , V adalah tegangan listrik dengan satuan volt dilambangkan V , I adalah arus listrik dengan satuan ampere dilambangkan A , dan $\cos \theta$ disebut faktor daya (*power factor*) dengan rentang nilai antara 0-1 tergantung jenis beban listrik. Setelah itu, data akan disimpan ke dalam basis data. Aplikasi Android menarik semua data dan menghitung konsumsi energi listrik,

kemudian menampilkannya (Ponto, 2018). Penghitungan energi listrik menggunakan rumus seperti persamaan (2).

$$W = P \times t \quad (2)$$

W (2) adalah energi listrik dengan satuan *kilowatt hour* disimbolkan kWh, P (2) adalah daya listrik, dan t (2) adalah waktu dengan satuan detik atau sekon disimbolkan s.



Gambar 11. Diagram Alur Program Aturan Nilai Minimal Arus Listrik

Di soket listrik pertama atau kedua, jika dalam satu menit terdeteksi arus listrik kurang dari 0,05 ampere, ESP-12E akan memerintahkan modul TRIAC 1 atau TRIAC 2 untuk memutuskan arus listrik. Di soket listrik ketiga, jika dalam satu menit terdeteksi arus listrik kurang dari 0,1 ampere, ESP-12E akan memerintahkan modul TRIAC 3 untuk memutuskan arus listrik. Nilai minimum arus listrik di soket listrik pertama atau kedua dibuat lebih kecil dibandingkan soket listrik ketiga. Hal tersebut untuk membuat soket listrik pertama dan kedua tetap hidup apabila ada peralatan atau perangkat elektronik mengonsumsi arus listrik lebih besar dari 0,05 ampere dan lebih kecil dari 0,1 ampere.

4. PEMBAHASAN

Bagian ini menerangkan hasil dari perancangan, pengodean, dan pengujian sistem.

4.1 Implementasi Sistem

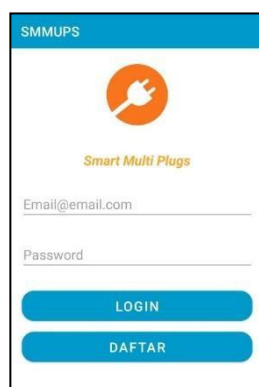
Penelitian menghasilkan dua produk yaitu prototipe stopkontak arde dan aplikasi SMMUPS.

Hasil pembuatan prototipe stopkontak arde terlihat di Gambar 12, memperlihatkan rupa dan bagian dalam prototipe stopkontak arde berisi rangkaian modul. Terdapat kode QR (*Quick Response*) atau sandi matriks harus dipindai pengguna melalui aplikasi SMMUPS untuk menghubungkan prototipe stopkontak arde dengan aplikasi SMMUPS.



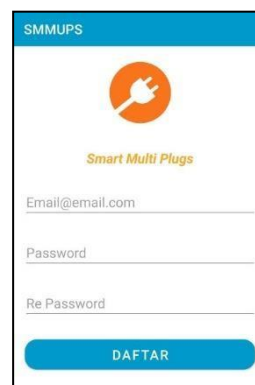
Gambar 12. Prototipe Stopkontak Arde

Hasil pembuatan dari 6 tampilan aplikasi SMMUPS. Tampilan pertama yaitu menu *login* seperti Gambar 13. Pengguna memasukkan email dan *password* di masing-masing formulir.



Gambar 13. Menu *Login*

Tampilan kedua yaitu menu registrasi seperti Gambar 14. Menu registrasi berfungsi sebagai tempat pendaftaran bagi pengguna belum memiliki akun dengan menginput email, *password*, dan konfirmasi *password* (*re-password*) di masing-masing formulir.



Gambar 14. Menu Registrasi

Tampilan ketiga yaitu menu *scan* kode QR seperti Gambar 15. Menu *scan* kode QR berfungsi sebagai tempat mengakses menu kamera. Menu *scan* kode QR akan muncul setelah pengguna berhasil *login*.



Gambar 15. Menu *Scan Kode QR*

Tampilan keempat yaitu menu kamera seperti Gambar 16. Menu ini berfungsi sebagai tempat memindai kode QR di prototipe stopkontak arde.



Gambar 16. Menu Kamera

Tampilan kelima yaitu menu utama aplikasi seperti Gambar 17. Menu utama akan muncul setelah pengguna berhasil memindai kode QR di prototipe stopkontak arde. Menu ini berfungsi sebagai tempat memilih soket listrik

akan dikontrol dan dimonitor pengguna. Menu utama menampilkan id, status, dan *stack*. Id merupakan kode identitas setiap soket listrik di stopkontak arde. Status merupakan kondisi soket listrik saat hidup (*ON*) atau mati (*OFF*). *Stack* merupakan kode identitas prototipe stopkontak arde.



Gambar 17. Menu Utama

Tampilan keenam yaitu menu kontrol dan pemantauan seperti Gambar 18. Menu ini berfungsi sebagai tempat mengendalikan dan memantau penggunaan listrik oleh tiap-tiap soket listrik di stopkontak arde. Menu kontrol dan pemantauan menampilkan konsumsi listrik yaitu arus listrik atau ampere (A), tegangan atau *voltage* (V), faktor daya (PF), daya listrik atau *power* (W), energi listrik atau *energy* (kWh), waktu (*time*) dan tanggal (*date*) menerangkan masa pemakaian listrik. Terdapat tombol untuk menyalakan (*ON*) dan mematikan (*OFF*) soket listrik di stopkontak arde. Id, *stack*, dan status berisi informasi yang sama seperti di menu utama aplikasi SMMUPS.



Gambar 18. Menu Kontrol dan Pemantauan

4.2 Pengecekan Sistem

Pengecekan sistem menggunakan pengujian kotak hitam (*black box testing*) yaitu pengujian pada fitur atau kinerja sistem berjalan dengan benar atau ada kesalahan terhadap skenario uji (Raihan and Voutama, 2023).

Tahap ini memeriksa kinerja aplikasi SMMUPS melayani pengguna saat mereka ingin memasuki aplikasi SMMUPS di menu *login*. Hasil pengujian terlihat di Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fitur *Login*

No.	Skenario	Hasil	Konklusi
1.	Input email dan <i>password</i>	Muncul menu <i>scan</i> kode QR	<i>Login</i> berhasil
2.	Input email atau <i>password</i> berbeda	Muncul <i>pop up message</i> “ <i>Password salah</i> ”	<i>Login</i> gagal
3.	Tidak input email atau <i>password</i>	Muncul peringatan <i>show up message</i> “Wajib di isi” di formulir email atau <i>password</i>	<i>Login</i> gagal

1. Pengujian Fitur Aplikasi SMMUPS di Menu Login
2. Pengujian Fitur Aplikasi SMMUPS di Menu Registrasi

Tahap ini memeriksa kinerja aplikasi SMMUPS melayani pendaftaran akun pengguna di menu registrasi. Hasil pengujian terlihat di Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian Fitur Registrasi

No.	Skenario	Hasil	Konklusi
1.	Tidak input email	Muncul peringatan <i>show up message</i> “Wajib di isi” di formulir email	Registrasi akun gagal
2.	Input email, <i>password</i> , dan konfirmasi <i>password</i> berbeda	Muncul peringatan <i>show up message</i> “ <i>Password</i> tidak sama” di formulir <i>password</i> atau <i>re-password</i>	Registrasi akun gagal
3.	Input email aktif, <i>password</i> , dan konfirmasi <i>password</i> sesuai	Terima pesan email berisi <i>link</i> untuk konfirmasi akun	email valid
4.	Buka <i>link</i> di dalam pesan email	Dialihkan ke web dan ada tulisan “Terima kasih akun anda telah terverifikasi”	Registrasi akun berhasil
5.	Tidak buka <i>link</i> di dalam pesan email	Muncul <i>pop up message</i> “Email belum dikonfirmasi” saat pengguna <i>login</i>	email valid tapi registrasi akun gagal
6.	Input email tidak aktif, <i>password</i> , dan konfirmasi <i>password</i> sesuai	Tidak terima pesan email berisi <i>link</i> untuk konfirmasi akun	email tidak valid

3. Pengujian Fitur Aplikasi SMMUPS di Menu *Scan* Kode QR dan Menu Kamera

Tahap ini memeriksa kinerja aplikasi SMMUPS melayani pengguna saat memindai kode QR di prototipe stopkontak arde melalui menu *scan* kode QR dan kamera. Hasil pengujian terlihat di Tabel 4. Pengujian menggunakan Samsung Galaxy A80 sebagai alat percobaan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Fitur Pemindaian Kode QR

No.	Skenario	Hasil	Konklusi
1.	Tekan tombol <i>scan</i> QR	Muncul menu kamera	Akses berhasil
2.	Pindai kode QR di stopkontak melalui menu kamera	Muncul menu utama	Akses berhasil

4. Pengujian Fitur Aplikasi SMMUPS di Menu Kontrol dan Pemonitoran

Tahap ini memeriksa kinerja aplikasi SMMUPS melayani pengguna saat mengendalikan dan memantau penggunaan listrik di prototipe stopkontak arde melalui menu kontrol dan pemonitoran. Hasil pengujian terlihat di Tabel 5. Pengujian menggunakan lampu LED Putih berdaya 3 watt merek suka-suka sebagai bahan percobaan.

Tabel 5. Hasil Pengujian Fitur Kontrol dan Pemonitoran

No.	Skenario	Hasil	Konklusi
1.	Tekan tombol <i>ON</i> di aplikasi untuk soket listrik pertama	Lampu nyala status <i>ON</i> , pukul 15:11:13/29-08-2023 dan konsumsi 0,05 A, 196,5 V, 0,24 PF, 2,358 W, dan 0,008488799 kWh	Kontrol dan pemonitoran soket listrik pertama berhasil
2.	Tekan tombol <i>OFF</i> di aplikasi untuk soket listrik pertama	Lampu padam di soket listrik pertama	Kontrol dan pemonitoran soket listrik pertama berhasil
3.	Tekan tombol <i>ON</i> di aplikasi untuk soket listrik kedua	Lampu nyala status <i>ON</i> , pukul 15:15:22/29-08-2023 dan konsumsi 0,05 A, 192,1 V, 0,24 PF, 2,3052 W, dan 0,008298721 kWh	Kontrol dan pemonitoran soket listrik kedua berhasil
4.	Tekan tombol <i>OFF</i> di aplikasi untuk soket listrik kedua	Lampu padam di soket listrik kedua	Kontrol dan pemonitoran soket listrik kedua berhasil
5.	Tekan tombol <i>ON</i> di aplikasi untuk soket listrik ketiga	Lampu nyala status <i>ON</i> , pukul 15:24:49/29-08-2023 dan	Kontrol dan pemonitoran soket listrik ketiga

No.	Skenario	Hasil	Konklusi
		konsumsi 0,05 A, 196,3 V, 0,24 PF, 2,3556 W, dan 0,0084801605 kWh	berhasil
6.	Tekan tombol <i>OFF</i> di aplikasi untuk soket listrik ketiga	Lampu padam di soket listrik ketiga	Kontrol dan pemonitoran soket listrik ketiga berhasil

5. Pengujian Fitur Aturan Arus Listrik pada Prototipe Stopkontak Arde

Tahap ini memeriksa kinerja prototipe stopkontak arde mencegah pemborosan energi listrik ketika pengguna tetap memasang steker kabel perangkat elektronik tidak terpakai di setiap soket listrik. Hasil pengujian terlihat di Tabel 6. Pengujian menggunakan TV LG 32 *inch* (32LS3400) sebagai bahan percobaan.

Tabel 6. Hasil Pengujian Aturan Nilai Arus Listrik

No.	Skenario	Hasil	Konklusi
1.	Lampu indikator TV menyala di soket listrik pertama pukul 14:44:29/29-08-2023, konsumsi 0,06 A, 193,9 V, 0,08 PF, 0,93072 W, dan 0,0033505918 kWh	Setelah 1 menit pada pukul 14:46:15/29-08-2023, lampu indikator TV tetap menyala dan konsumsi sejumlah 0,06 A, 193,6 V, 0,08 PF, 0,92928 W, dan 0,003345408 kWh	Soket listrik pertama tetap hidup sebab nilai arus listrik melebihi ketentuan 0,05 A yaitu 0,06 A
2.	Lampu indikator TV menyala di soket listrik kedua pukul 14:49:17/29-08-2023, konsumsi 0,06 A, 194 V, 0,06 PF, 0,6984 W, dan 0,00251424 kWh	Setelah 2 menit pada pukul 14:51:27/29-08-2023, lampu indikator TV tetap menyala dan konsumsi sejumlah 0,06 A, 194,3 V, 0,08 PF, 0,93264 W, dan 0,0033575043 kWh	Soket listrik kedua tetap hidup sebab nilai arus melebihi ketentuan 0,05 A yaitu 0,06 A
3.	Lampu indikator TV menyala di soket listrik ketiga pukul 15:01:51/29-08-2023, TV konsumsi 0,07 A, 197,1 V, 0,05 PF, 0,68985 W, dan 0,00248346 kWh	Setelah 1 menit 1 detik pada pukul 15:02:52/29-08-2023, lampu indikator TV padam	Soket listrik ketiga mati sebab nilai arus lebih kecil dari 0,1 A yaitu 0,07 A

6. Pengujian Pengukuran Konsumsi Listrik

Tahap ini memeriksa kinerja modul sensor mengukur konsumsi listrik di prototipe stopkontak arde yang ditampilkan menu kontrol dan pemantauan aplikasi SMMUPS. Pengujian menggunakan Taffware Famirosa kWh Meter sebagai standar alat mengukur konsumsi listrik. Peneliti melakukan pengukuran konsumsi listrik di 4 perangkat elektronik melalui aplikasi SMMUPS dan alat uji sebanyak 10 kali percobaan. Lalu, membandingkan dua hasil pengukuran tersebut kemudian menghitung nilai rata-ratanya. Hasil perbandingan berbentuk nilai persentase terlihat di Tabel 9. Sampel data pengukuran konsumsi listrik melalui aplikasi SMMUPS terlihat di Tabel 7 dan alat uji terlihat di Tabel 8.

Tabel 7. Sampel Data Nilai Rata-Rata Pengukuran Konsumsi Listrik Melalui Aplikasi SMMUPS

Nama Perangkat	Arus (A)	Volt (V)	Faktor Daya (PF)	Daya Aktif (W)	Energi (kWh)
Kipas Advance BF-08K	0,09	201,98	0,97	17,65	0,063
Laptop ACER Aspire A514-54	0,45	196,71	0,5	45,66	0,16
Setrika Philips HD 1172	1,41	201,31	1	284	1,02
Philips Hair Dryer HP8108	1,52	189,51	0,98	282,8	1,01

Tabel 8. Sampel Data Nilai Rata-Rata Pengukuran Konsumsi Listrik Melalui Alat Uji

Nama Perangkat	Arus (A)	Volt (V)	Faktor Daya (PF)	Daya Aktif (W)	Energi (kWh)
Kipas Advance BF-08K	0,11	200,35	0,65	15,44	0,055
Laptop ACER Aspire A514-54	0,4	195,14	0,55	44,24	0,15
Setrika Philips HD 1172	1,39	197,56	1	275	0,99
Philips Hair Dryer HP8108	1,5	187	1	281,2	1,01

Tabel 9. Persentase Nilai Rata-Rata Kesalahan Pengukuran

Nama Perangkat	Arus (%)	Volt (%)	Faktor Daya (%)	Daya Aktif (%)	Energi (%)
Kipas	23,75	0,81	48,87	14,29	14,29

Nama Perangkat	Arus (%)	Volt (%)	Faktor Daya (%)	Daya Aktif (%)	Energi (%)
Advance BF-08K					
Laptop ACER Aspire A514-54	11,85	0,80	8,46	3,2	3,2
Setrika Philips HD 1172	1,83	1,39	0	3,24	3,24
Philips Hair Dryer HP8108	1,27	1,34	2	0,58	0,58

5. KESIMPULAN

Tidak mencabut steker perangkat elektronik di colokan listrik dapat menimbulkan pemborosan energi listrik, terutama perangkat elektronik memiliki mode siaga. Itu terbukti dari hasil pengujian aturan nilai arus listrik yang menunjukkan televisi tetap mengomsumsi daya dan energi listrik meskipun kondisinya mati, karena steker perangkat masih tercolok di stopkontak. Penelitian ini membuat arketipe colokan listrik berjenis portabel yaitu stopkontak arde dengan 3 soket listrik yang otomatis mati jika ada arus listrik tidak sesuai keperluan. Soket listrik pertama dan kedua akan spontan mati apabila terdeteksi arus listrik kurang dari 0,05 ampere sedangkan soket listrik ketiga akan spontan mati apabila terdeteksi arus listrik kurang dari 0,1 ampere. Soket listrik pertama dan kedua untuk perangkat elektronik bertegangan rendah. Soket listrik ketiga khusus untuk perangkat elektronik memiliki mode siaga seperti televisi, *set-top box*, komputer, dan lain-lain. Stopkontak dibuat dengan menerapkan teknologi *Internet of Things* (IoT) menggunakan modul yaitu TRIAC, PZEM-004T, Hi-Link, dan ESP-12E. Untuk mempermudah pengontrolan dan pemantauan energi listrik dibuat aplikasi android bernama SMMUPS (*smart power multi-plug*). Pengguna dapat melihat konsumsi listrik berupa arus listrik, tegangan, faktor daya, daya listrik, energi listrik, waktu/tanggal dari pemakaian listrik, dan kondisi soket listrik saat hidup atau mati. Selain itu, pengguna dapat menghidupkan dan mematikan listrik masing-masing soket listrik di stopkontak arde melalui tombol pada aplikasi SMMUPS.

6. SARAN

Penelitian ini membuat aplikasi Android berbentuk purwarupa sehingga memungkinkan untuk membuat tampilan yang lebih menarik di penelitian berikutnya. Selain itu, menambahkan fitur akumulasi daya listrik untuk menghitung konsumsi energi listrik yang real, dan meningkatkan nilai keakuratan sensor dalam mengukur konsumsi listrik menjadikan aplikasi sistem lebih informatif. Aturan nilai minimal arus listrik pada soket ekstensi yang dapat diubah pengguna melalui aplikasi

mobile dapat mencegah pemborosan energi listrik di berbagai jenis perangkat elektronik.

7. DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Z.S., 2022. Design and Build a Children's Temperature Monitoring System Using The MLX90614 Temperature Sensor and NodeMCU ESP-12E Based On Android. *Journal of Engineering and Scientific Research* 4, 18–22. <https://doi.org/10.23960/jesr.v4i1.67>
- Adi, A.C., Lasnawatin, F., 2021. Handbook Of Energy & Economic Statistics of Indonesia (HEESI). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral 14, 1–109.
- Ariata, 2023. Apa Itu Hosting Web? Pengertian, Fungsi, dan Jenisnya Lengkap! [WWW Document]. URL <https://www.hostinger.co.id/tutorial/apa-itu-web-hosting> (accessed 9.10.23).
- Asya, Y., Adam, B., Azis, N., Kom, S., Kom, M., 2021. Pembuatan Aplikasi Perpustakaan Berbasis Android Menggunakan CRUD SQLite.
- Aula, A., Syaifurrahman, 2022. Sistem Monitoring dan Proteksi pada Stop Kontak Berbasis IoT. *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika* 8, 7.
- Bourhis, P., Reutter, J.L., Vrgoč, D., 2020. JSON: Data Model and Query Languages. *Inf Syst* 89, 101478. <https://doi.org/10.1016/j.is.2019.101478>
- Dahroni, A., Prathamal, M.F., Putra, E., 2020. Pembuatan Prototype Smart Power Strip Berbasis Mobile. *Kilat* 9, 18–27. <https://doi.org/10.33322/kilat.v9i1.752>
- Gerber, D.L., Meier, A., Liou, R., Hosbach, R., 2019. Emerging Zero-Standby Solutions for Miscellaneous Electric Loads and the Internet of Things. *Electronics (Basel)* 8, 570. <https://doi.org/10.3390/electronics8050570>
- Hadi, S., Anas, A.S., Putra, L.G.R., 2022. Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things 13.
- Hakim, A. El, 2018. Internet of Things (IoT) System Architecture and Technologies, White Paper. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17046.19521>
- Harahap, P., Pasaribu, F.I., Adam, M., 2020. Prototype Measuring Device for Electric Load in Households Using the Pzem-004T Sensor.
- Harianto, K., Sinawati, S., Fitria, F., 2022. Rancang Bangun Perahu Ketinting Listrik Tenaga Matahari Provinsi Kalimantan Utara. *Sebatik* 26, 807–813. <https://doi.org/10.46984/sebatik.v26i2.2064>
- IEA, 2022. Energy Statistics Data Browser [WWW Document]. URL <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/energy-statistics-data-browser> (accessed 7.29.23).
- Kementerian ESDM, 2023. Capaian Kinerja ESDM 2022 dan Target 2023. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Listiyarini, R., 2018. Dasar Listrik dan Elektronika. Deepublish.
- Marzuarman, Stephan, Putra, H., 2021. Perbandingan Tingkat Akurasi Sensor Daya Listrik HLW8012 dan PZEM-004T Berbasis Arduino Uno.
- Meier, A., 2022. Products that Use Standby Power [WWW Document]. URL <https://standby.lbl.gov/standby-power-data-metering> (accessed 7.29.23).
- Meier, A., 2019. New Standby Power Targets. *Energy Effic* 12, 175–186. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9677-x>
- Mulyani, S., 2017. Metode Analisis dan Perancangan Sistem. Abdi Sistematika.
- Nugraha, A.T., Eviningsih, R.P., 2022. Konsep Dasar Elektronika Daya. Deepublish.
- Ponto, H., 2018. Dasar Teknik Listrik. Deepublish.
- Power Strip [WWW Document], n.d. URL <https://www.merriam-webster.com/dictionary/power%20strip> (accessed 7.30.23).
- Quzania, H., Christyono, Y., Sukiswo, S., 2020. Perancangan Web Sistem Monitoring Stop Kontak Terkontrol Menggunakan Pemrograman Php dan Mysql. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro* 9, 412–417. <https://doi.org/10.14710/transient.v9i3.412-417>
- Rahmadyani, H., E. Kusuma, H., 2021. Hubungan Perilaku Boros Energi dengan Alasan Berperilaku Boros Energi. *Jurnal Lingkungan Binaan Indonesia* 10, 27–37. <https://doi.org/10.32315/jlbi.v10i01.9>
- Rahmadyani, H., E. Kusuma, H.E., 2019. Empat Kelompok Perilaku Boros Energi: Penyusunan Hipotesis Menggunakan Grounded Theory.
- Raihan, H., Voutama, A., 2023. Pengujian Black Box Pada Aplikasi Database Perguruan Tinggi dengan Teknik Equivalence Partition. *Antivirus: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika* 17, 1–18. <https://doi.org/10.35457/antivirus.v17i1.2501>
- Roihan, A., Wisanto, A.A., Sulaeman, Y., Nur, M., Williandi, S., Pribadi, W., 2019. Implementasi Metode Realtime, Live Data Dan Parsing JSON Berbasis Mobile Dengan Menggunakan Android Studio Dan PHP Native, *Jurnal Teknologi Informasi*.
- Romero, S., 2023. Arduino Integrated Development Environment (IDE) v1 | Arduino Documentation [WWW Document]. Arduino. URL <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics> (accessed 10.2.23).
- Shenzen, 2018. 5W Ultra Small Series Power Module.
- Sotnik, S., Manakov, V., Lyashenko, V., 2023. Overview: PHP and MySQL Features for Creating Modern Web Projects, *International Journal of Academic Information Systems Research*.
- Sudaryanto, A., Wahyudianto, A.E., Rizaldi, A., 2020. Pengujian Stop Kontak Pintar Menggunakan ESP 32. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi* 11, 27–30. <https://doi.org/10.51903/jtikp.v11i2.210>



- Wahyu Sabubu, T.A., 2020. Pengaturan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Batu Bara di Indonesia Prespektif Hak Atas Lingkungan yang Baik dan Sehat. *Jurnal Lex Renaissance* 5. <https://doi.org/10.20885/JLR.vol5.iss1.art5>
- Wulansari, A.H.N., Tjahjono, H., Sanjoto, T.B., 2020. Pengaruh Tingkat Pendidikan Masyarakat Terhadap Perilaku Peduli Lingkungan di Desa Genting Kecamatan Jambu Kabupaten Semarang 9.
- Yudhanto, Y., Azis, A., 2019. Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT). UNSPress.