



---

## Sistem Kendali Cerdas Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Metode Eliminasi Nilai Tertinggi Berbasis IoT

Mochamad Susantok<sup>1</sup>, Noptin Harpawi<sup>2</sup> dan Muhammad Diono<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika Telekomunikasi, email: santok@pcr.ac.id

<sup>2</sup>Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika Telekomunikasi, email: noptin@pcr.ac.id

<sup>3</sup>Politeknik Caltex Riau, Teknik Elektronika Telekomunikasi, email: diono@pcr.ac.id

### [1] Abstrak

*Penggunaan peralatan listrik yang melebihi batasan daya maksimal MCB yang ditentukan oleh PLN sehingga terjadi putusnya arus listrik menjadi masalah pada pengguna sektor rumah tangga. Besarnya konsumsi daya awal saat peralatan listrik hidup kembali menjadi beban bagi sektor rumah tangga. Hal ini bisa dicegah salah satunya dengan mengatur beban daya listrik agar tidak melebihi batas ambang di MCB. Sistem kendali cerdas pada penelitian ini menggunakan perangkat IoT NodeMCU ESP8266 sebagai sensor node yang mampu mengukur daya terpakai dari peralatan listrik terhubung ke sensor node. Salah satu sensor node melakukan perhitungan total daya yang terukur dari semua sensor node aktif dan menentukan aksi atas suatu kondisi beban berlebih. Kondisi beban berlebih terpenuhi jika total daya yang terukur melebihi batas ambang maksimal daya yang ditentukan. Aksi dari kondisi ini sistem seleksi daya tertinggi pada setiap sensor node dan memutuskan arus listrik pada sensor node terpilih agar peralatan listrik dengan daya tertinggi off dan total daya terkoreksi dibawah batas ambang. Algoritma ini difungsikan untuk mencegah terjadinya pemutusan arus di MCB akibat melebihi beban listrik atau daya maksimal yang diperbolehkan sesuai ketentuan oleh PLN. Akurasi pengukuran daya pada sensor node rata-rata 85.9% atau dengan % error sebesar 14.1% dan algoritma eliminasi daya tertinggi berhasil menjaga total beban daya dibawah batas ambang yang telah ditentukan. Akibatnya peralatan listrik dengan daya tertinggi akan selalu dikompensasi ketika kondisi menyentuh batas ambang daya maksimal.*

**Kata kunci:** IoT, Eliminasi daya tertinggi, NodeMCU, Pengontrolan daya

### [2] Abstract

*The use of electrical equipment that exceeds the maximum power limit of the Miniature Circuit Breaker (MCB) determined by PLN so that there is a power outage is a problem for users of the household sector. The amount of initial power consumption when the electrical equipment is turned on again becomes a burden for the household sector. This can be prevented, one of which is by adjusting the electrical power load so that it does not exceed the threshold limit in the MCB. The intelligent control system in this study uses the IoT NodeMCU ESP8266 device as a sensor node that can measure the power used from electrical equipment connected to the sensor node. One of the sensor nodes calculates the total measured power of all active sensor nodes and determines the action for an overload condition. The overload condition is met if the total rated power exceeds the specified maximum power threshold. The action of this condition selects the highest power system at each sensor node and disconnects the electric current at the selected sensor node so that the electrical equipment with the highest power is off and the total power is corrected below the threshold limit. This algorithm is used to prevent disconnection in the MCB due to exceeding the electrical load or the maximum power allowed according to the provisions*

by PLN. The average power measurement accuracy at the sensor node is 85.9% or with a % error of 14.1% and the highest power elimination algorithm manages to keep the total power load below a predetermined threshold. As a result, electrical equipment with the highest power will always be compensated when conditions touch the maximum power threshold.

**Keywords:** IoT, Highest power elimination, NodeMCU, Power control

---

## 1. Pendahuluan

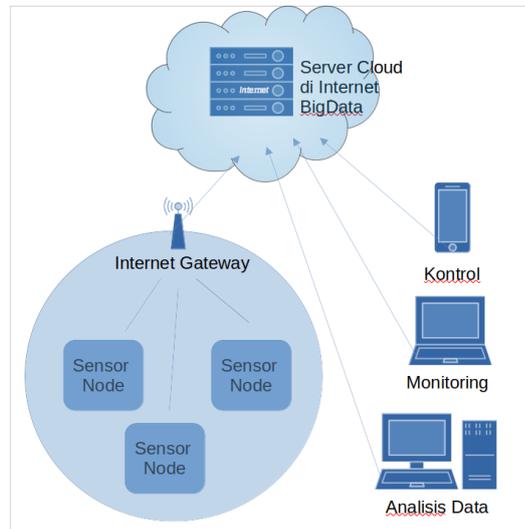
Pengelolaan penggunaan energi berbasis teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi topik yang menarik untuk terus dikembangkan dengan tujuan utama adalah efisiensi [1]. Sektor rumah tangga adalah salah satu pengguna energi listrik terbesar menurut kata data[2], dimana pada masa pandemi pada bulan Juli 2020 kenaikannya sebesar 10% dari 58,82 TWh menjadi 64,74 TWh. Penggunaan energi listrik yang besar ini jika tidak dikelola dengan baik dalam konteks penghematan energi, akan sangat merugikan negara dan masyarakat secara umum. Pemakaian peralatan listrik yang tidak semestinya misalnya lampu menyala di siang hari, AC, TV, dan pemanas udara beroperasi saat tidak ada orang di dalam ruangan adalah sedikit contoh permasalahan efisiensi penggunaan listrik di sektor rumah tangga. Selain itu penggunaan beban yang berlebihan dari batas daya maksimal yang mengakibatkan MCB putus juga menjadi permasalahan yang sering terjadi akibat penggunaan daya listrik di sektor rumah tangga.

*Smart home* hadir untuk memberikan fungsi manajemen penggunaan energi listrik yaitu fungsi kontrol dan fungsi monitoring. Beberapa penelitian dalam bidang ini sudah dilakukan dan membuktikan fungsi manajemen ini mampu memberikan data daya terpakai kepada pengguna sebagai dasar perilaku untuk menghemat penggunaan listrik [3][4]. Namun yang dilakukan masih pada tingkatan *monitoring* daya terpakai dan kontrol *on/off* secara manual melalui aplikasi android maupun web[3]. Demikian juga dilakukan oleh Herpendi [5] yang fokus pada efisiensi penggunaan TV dengan kontrol suara, waktu dan tentunya *on/off* saklar TV. Penelitian ini mengembangkan sisi komunikasi antar sensor sehingga menghasilkan fungsi otomasi kontrol cerdas berdasarkan total daya yang digunakan sebagai nilai batas ambang. Algoritma eliminasi nilai tertinggi digunakan untuk menentukan aksi jika nilai batas ambang total daya terpenuhi. Tujuan aksi adalah agar tidak terjadi kondisi beban berlebih yang mengakibatkan putus arus dari MCB. Sekaligus sebagai sistem *monitoring* penggunaan daya listrik yang secara tidak langsung dapat merubah perilaku penggunaan peralatan listrik agar terjadi penghematan.

## 2. Tinjauan Pustaka

*Monitoring* dan pengontrolan *on/off* jarak jauh peralatan listrik dirumah sudah dimulai dilakukan sejak sekitar 20 tahun yang lalu. Tujuannya untuk memudahkan fungsi kontrol dan monitoring dari remote area atau jarak jauh tanpa harus datang ke lokasi tempat peralatan listrik berada. Teknologi mikrokontroller sampai saat ini menjadi inti penelitian bidang ini walaupun dengan istilah *Internet of Things* (IoT). Mikrokontroller saat ini sudah dilengkapi atau tertanam dengan antarmuka jaringan baik yang kabel melalui konektor RJ45 maupun yang wireless di frekuensi WiFi/WLAN. Antarmuka berfungsi sebagai modul komunikasi ke internet dan LAN untuk membaca data dari sensor dan diteruskan dengan mengirim data ke cloud melalui jaringan internet[3],[6],[7]. Sensor, mikrokontroller dan modul komunikasi ini disebut dengan *sensor node*, sedangkan jaringan wireless yang menghubungkan antar *sensor node* dan ke internet disebut *wireless sensor network*. Dengan demikian setiap *sensor node* berkomunikasi secara independen dengan sistem *cloud* ke jaringan internet untuk mengirim dan membaca data pada *database/bigdata* di sistem *cloud*. Gambar 1 menunjukkan cara kerja Arsitektur jaringan IoT yang

telah dijelaskan diatas dilengkapi dengan aplikasi untuk melakukan kontrol, monitoring dan analisis data. Dimana aplikasinya bisa berbasis *desktop* maupun perangkat bergerak bagi pengguna yang mobilitasnya tinggi.



**Gambar 1. Arsitektur Jaringan IoT**

Cara kerja diatas menjadi acuan umum dalam arsitektur IoT yang juga dikerjakan oleh Homera Durani dkk[6], dan juga yang lainnya[8],[9] dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler pada *sensor node* dan *blynk* sebagai layanan *server cloud*. Beberapa sistem *cloud* menyediakan mekanisme agar things atau beberapa *sensor node* saling berkomunikasi untuk menghasilkan status baru pada setiap *node*. Beberapa protokol komunikasi dalam jaringan IoT yang memungkinkan untuk fitur ini adalah HTTP, MQTT[4],[10][11], dan CoAP dengan berbagai kelebihan dan kekurangannya[12]. Menurut Eyhab Al-Masri [12] HTTP merupakan protokol yang sesuai dengan berbagai platform IoT sehingga mudah digunakan walaupun tidak mendukung QoS (*Quality of Services*).

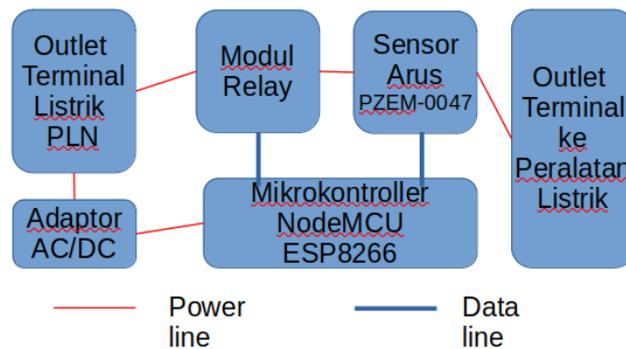
*Blynk* adalah salah satu platform IoT yang berbasis HTTP menyediakan fitur *bridge* yang bisa digunakan untuk komunikasi antar *sensor node*[13]. Melalui fitur ini sebuah mikrokontroler di suatu *sensor node* dapat diprogram untuk membaca data dari *sensor node* lain yang berbeda mikrokontroler. Fungsi komputasi dapat dilakukan di salah satu *sensor node* yang tentunya memiliki keterbatasan sumberdaya. Dengan kata lain sistem kendali cerdas bisa diimplementasikan tidak selalu di *cloud* atau internet melainkan bisa dilakukan di sisi yang lebih dekat dengan *sensor node* pada jaringan IoT atau dikenal dengan istilah *edge computing*. Bahkan dengan sumber daya yang cukup di sisi *edge network* mampu melakukan fungsi komputasi dengan *Artificial Intelligence* (AI)[14].

Salah satu implementasi sistem IoT yaitu pada fungsi kendali dan *monitoring* penggunaan daya[3][4], namun masih terbatas pada dua fungsi diatas dan dikendalikan secara manual jarak jauh melalui aplikasi *smartphone*. Kondisi berbeda jika ada batasan maksimal penggunaan daya listrik dari peralatan listrik dirumah oleh MCB yang ditentukan PLN. Sehingga faktor kelalaian pengguna dalam penggunaan listrik yang melebihi batas ambang daya dan arus oleh PLN dapat dicegah.

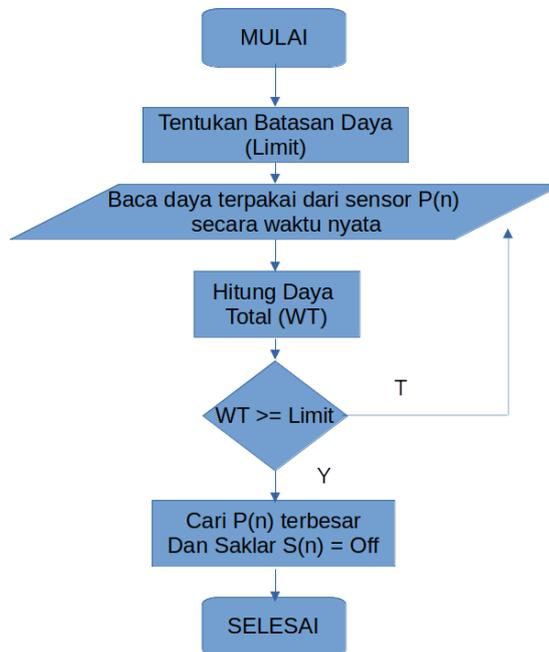
### 3. Perancangan Sistem

Penelitian ini terdiri dari tiga bagian penting yaitu *sensor node*, jaringan IoT dan *server cloud*. *Sensor node* diperlihatkan pada Gambar 2 yang terdiri dari mikrokontroler NodeMCU ESP8266,

sensor arus PZEM-0047, modul relay dan modul AC/DC. Sensor node ini mengukur daya terpakai oleh beban peralatan listrik yang terhubung ke outlet terminal ke peralatan listrik pada blok diagram Gambar 2. Sensor arus PZEM-0047 membaca arus yang mengalir dari jala-jala PLN pada outlet terminal listrik PLN melalui modul relay yang berfungsi sebagai pemutus arus. Baik sensor arus maupun relay akan mengirimkan data ke board NodeMCU ESP8266 sebagai variabel dalam perhitungan WattHour (Wh) daya terpakai oleh beban peralatan listrik yang terhubung ke *sensor node*.



Gambar 2. Blok Diagram Sensor Node



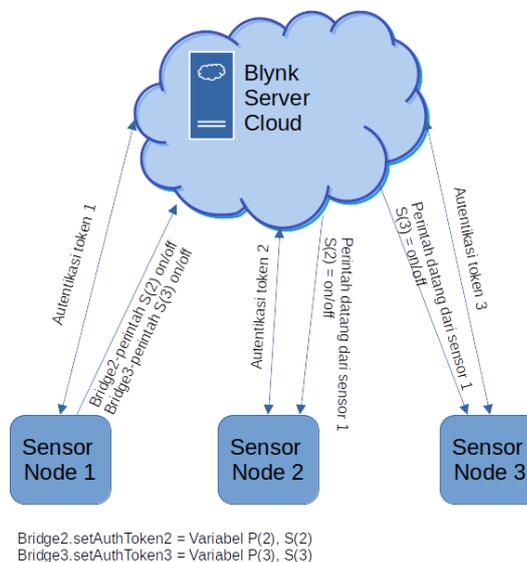
Gambar 3. Algoritma eliminasi daya tertinggi

Setiap *sensor node* terhubung ke server *cloud* melalui jaringan WLAN yang terhubung ke internet. Gambar 1 adalah topologi jaringan IoT dimana fungsi internet gateway menghubungkan jaringan lokal *sensor node* ke internet. Salah satu *sensor node* berperan sebagai perangkat komputasi mengambil data dari *sensor node* yang lain. Data daya terpakai Wh dan status relay dikirim ke server *cloud* melalui *gateway* dan perangkat komputasi menghitung daya total dari masing-masing *sensor node*. Dengan demikian data dari *sensor node* bisa dimanipulasi atau dikomputasi untuk tujuan tertentu. Di sisi antarmuka aplikasi untuk melakukan fungsi monitoring dan kontrol *on/off relay* menggunakan perangkat *smartphone*. Melalui aplikasi pada *smartphone*,

*sensor node* bisa dikontrol *on/off* untuk mematikan peralatan listrik yang terhubung dengan *sensor node*, selain itu juga diketahui daya terpakai oleh peralatan listrik tersebut.

Fungsi otomatisasi untuk mencegah terjadinya beban berlebih, diperankan oleh algoritma eliminasi nilai tertinggi dengan eliminasi daya terbesar seperti pada Gambar 3. Pertama pengguna memasukkan batasan daya maksimal sebagai nilai ambang agar tidak terjadi pemutusan arus MCB akibat beban yang berlebih. Sistem kemudian membaca daya terpakai setiap *sensor node* yang ditampilkan pada aplikasi *smartphone*. Diwaktu yang bersamaan sistem melakukan penjumlahan total daya terpakai dari semua *sensor node* dan melakukan pengecekan apakah melebihi batas ambang yang telah ditentukan. Jika ya, akan dilakukan pemilihan daya terbesar diantara *sensor node* yang aktif, dan diberikan status *off* pada *relay sensor node* dengan daya terbesar. Status *off* ini tersimpan di server *cloud* yang secara rutin dibaca oleh *sensor node*. Sesaat kondisi ini terbaca oleh *sensor node*, melalui mikro controller NodeMCU ESP8266 memberikan sinyal “low” pada pin dimana *relay* terhubung yang mengakibatkan arus ke peralatan listrik terputus.

Komputasi tersebut dilakukan pada sisi jaringan *edge* yaitu di salah satu *sensor node* atau perangkat komputasi. Fitur ini pada blynk server *cloud* dikenal dengan fungsi *bridge* yaitu penghubung antar *sensor node* satu dengan yang lain. Fungsi *bridge* ini memungkinkan antar *sensor node* bisa saling berkomunikasi *read* dan *write* untuk setiap nilai sensornya. Dengan fitur ini proses komputasi bisa dilakukan di sisi jaringan *edge* dan tidak harus di *cloud* atau internet. *Sensor node 1-P1* membaca daya terpakai pada *sensor node 2-P2* dan daya terpakai pada *sensor node 3-P3*, lalu dimasukkan dalam komputasi eliminasi daya tertinggi setelah memenuhi kondisi  $WT \geq limit$  dan menentukan nilai relay pada *sensor node 2-S2* atau relay pada *sensor node 3-S3* menjadi “low” atau *off* sebagai keputusan eliminasi daya tertinggi.



Gambar 4. Komunikasi antar sensor node menggunakan bridge

#### 4. Analisis Data

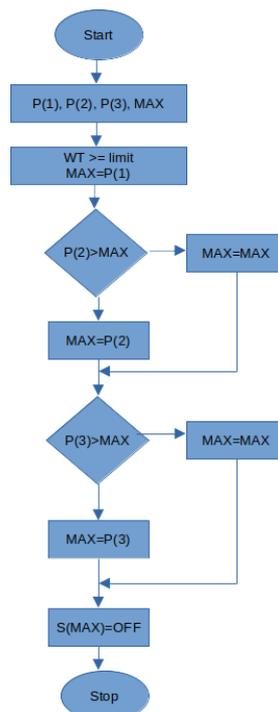
Mengacu pada blok sistem *sensor node* Gambar 2, setiap *sensor node* mampu mengukur arus, tegangan, dan daya terpakai oleh perangkat listrik yang terhubung ke *sensor node* tersebut. Tingkat akurasi didasarkan pada pengukuran dengan *clamp meter* sebagai *instrument* untuk mengukur arus listrik dan tegangan. Perhitungan prosentase *error* dari pembacaan oleh *sensor node* dibandingkan dengan hasil pengukuran oleh *clamp meter*. Berikut tabel akurasi pengukuran daya terpakai oleh beberapa perangkat listrik yang terhubung ke *sensor node*.

Tabel 1. Tingkat akurasi pengukuran daya oleh sensor node

No	Jenis Perangkat Listrik	Hasil perhitungan dari pembacaan arus clamp meter ( $P=V.I$ )	Hasil pembacaan sensor node (Watt)	% Error
1	Mesin cuci	$I=1.2A, V=220V$ $W=(V \times I)=264$ Watt	303.5	14.9%
2.	Kipas Angin	$I=0.12A, V=216V$ $W=(V \times I)=25.9$ Watt	30.3	16.9%
3.	Adaptor Laptop	$I=0.18A, V=239.6V$ $W=(V \times I)=43.2$ Watt	45.5	5.3%
4	Kulkas	$I=0.71A, V=214V$ $W=(V \times I)=151.94$ Watt	125	17.7%
5	Rice cooker	$I=0.28A, V=216V$ $W=(V \times I)=60.48$ Watt	70	15.7%

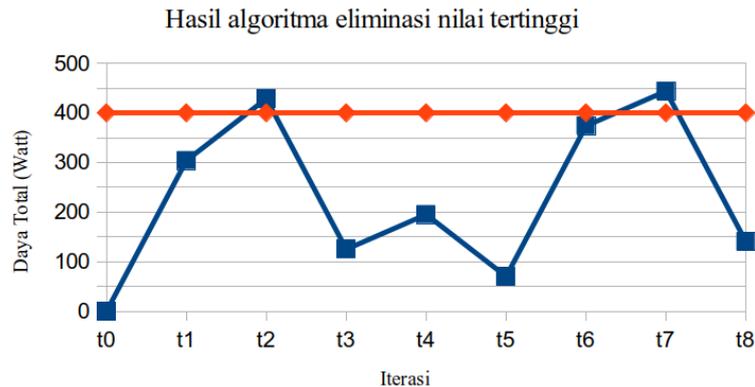
Daya referensi menggunakan alat ukur *clamp meter* didapatkan dengan rumus perhitungan daya  $W = V * I$  tanpa memperhitungkan *power factor* ( $CosPi$ ) atau dianggap ideal yaitu  $CosPi = 1$ . Sedangkan daya yang ditampilkan oleh *sensor node* memperhitungkan nilai  $CosPi < 1$  terutama untuk peralatan listrik dengan kandungan kumparan didalamnya. Nilai tegangan nyata dan variabel  $CosPi$  menjadi penentu nilai % *error* daya terpakai pada *sensor node* dibandingkan menggunakan *clamp meter* dengan rata-rata 14.1%.

Selanjutnya nilai daya terpakai akan diasesmen untuk menjaga daya total yang digunakan masih dibawah batas ambang MCB yang ditentukan. Gambar 5 menunjukkan algoritma eliminiasi nilai tertinggi yang dimulai dari kondisi benar bahwa daya total ( $WT$ ) melebihi batas ambang yang ditentukan, dan diasumsikan ada 3 *sensor node* yang memberikan nilai daya  $P1, P2$  dan  $P3$ . Setiap nilai  $P$  akan dibandingkan satu dengan yang lainnya untuk ditentukan nilai MAX atau daya tertinggi. Setelah ditentukan, saklar pada *sensor node*  $P(n)$  melalui komponen relay akan di set ke *off* sehingga peralatan listrik pada *sensor node* tersebut menjadi mati atau padam. Dan tentunya akan mengakibatkan  $WT$  dibawah ambang batas (*limit*) kembali.



**Gambar 5. Algoritma eliminasi nilai tertinggi untuk eliminasi daya tertinggi**

*Sensor node* yang tidak diafilisasikan dengan peralatan listrik tertentu, memberikan resiko jika terpilih untuk di eliminasi maka dampaknya semua peralatan listrik yang terhubung ke *sensor node* tersebut akan terputus atau kondisi *off*. Idealnya setiap *sensor node* dihubungkan dengan satu peralatan listrik, sehingga upaya penghematan bisa dianalisis untuk setiap peralatan listrik yang digunakan. Pada hasil percobaan terlihat pada Gambar 6 yaitu untuk 8 iterasi dari  $t_0 - t_8$ , dimana kondisinya yaitu daya 3 *sensor node* ( $P_1, P_2, P_3$ ) terhubung ke peralatan listrik secara berurutan mesin cuci=304Watt, kulkas=125Watt, dan rice cooker=70 Watt.



**Gambar 6. Hasil kerja metode eliminasi nilai tertinggi untuk setiap sensor node**

Pada saat  $t_0$  tidak ada peralatan listrik yang hidup atau  $WT = 0Watt$ , saat  $t_1 = P_1$  atau mesin cuci hidup, saat  $t_2 = P_1 + P_2$  dengan  $WT = 429Watt$  akan men trigger algoritma karena melebihi batas ambangnya 400 Watt, sehingga  $P_1$  dengan daya tertinggi di eliminasi. Saat kondisi  $t_3$  menjadi tinggal  $P_2$  yang aktif karena  $P_1$  sudah di eliminasi, selanjutnya pada  $t_4$  ditambah beban *rice cooker* sehingga  $t_4 = P_2 + P_3$  dengan total daya 195 Watt. Begitu seterusnya sampai pada kondisi  $t_7 = P_1 + P_2 + P_3$  dengan total daya 444 Watt, dan sekali lagi  $P_1$  dieliminasi karena daya tertinggi sehingga menjadi  $t_8 = P_2 + P_3$  yaitu 195 Watt. Penentuan batas ambangnya dilakukan oleh pengguna melalui aplikasi blynk pada *smartphone* yang terhubung ke internet. Penentuan batas ambang ini menjadi kata kunci efisiensi penggunaan daya listrik agar tidak terjadi pemutusan arus pada MCB yang mengakibatkan listrik padam.

## 5. Kesimpulan

Fungsi eliminasi daya tertinggi berjalan dengan baik untuk mencegah terputusnya arus pada MCB melalui simulasi batas ambang daya maksimal yang ditentukan. Pengukuran daya oleh sensor node mengalami koreksi % error rata-rata 14.1% yang dipengaruhi nilai tegangan, arus dan faktor daya pada setiap peralatan listrik yang diukur. Efisiensi terjadi dengan adanya pencegahan terputusnya arus pada MCB akibat dari kelebihan beban daya listrik terpakai oleh peralatan listrik. Pencegahan dilakukan dengan menentukan batas ambang yang diinginkan oleh pengguna sehingga total daya terpakai di sekitar batas ambang yang masih dibawah batas maksimal daya oleh MCB yang ditentukan PLN.

### Daftar Pustaka

- [1] Hossein Motlagh, N.; Mohammadrezaei, M.; Hunt, J.; Zakeri, B. Internet of Things (IoT) and the Energy Sector. *Energies* 2020, 13, 494.
- [2] Setiawan, Verda Nano (2020, 18 Agustus). Kenaikan Konsumsi Listrik Didominasi Rumah Tangga, Industri Turun. Dikutip 10 Maret 2021 dari KataData: <https://katadata.co.id/febrinaiskana/berita/5f3b8cc71d23c/kenaikan-konsumsi-listrik-didominasi-rumah-tangga-industri-turun>
- [3] Alghifary, Muhammad Azfar Dzar, Muhammad Ary Murti, and Casi Setianingsih., Perancangan Perangkat Manajemen Dan Kendali Beban Listrik Berbasis Internet Of Things, *eProceedings of Engineering 7.1* (2020).
- [4] Kurde, A. and Kulkarni, V. IOT based smart power metering. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 6(9), pp.411-415. 2016.
- [5] Herpendi, Agustin Noor, Rabini Sayyidati, Pengembangan Asisten TV Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Efisiensi Penggunaan Energi Listrik, *Jurnal Eksplora Informatika*, Vol. 9, No 2, Maret 2020
- [6] Durani, Homera, Mitul Sheth, Madhuri Vaghasia, and Shyam Kotech. Smart automated home application using IoT with Blynk app. In *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, pp. 393-397. IEEE, 2018.
- [7] A. Khan, A. Al-Zahrani, S. Al-Harbi, S. Al-Nashri, and I. A. Khan, "Design of an IoT smart home system," *2018 15th Learn. Technol. Conf. L T 2018*, pp. 1–5, 2018.
- [8] J. Ambarita, R. A. P, and A. S. Wibowo, "Rancang Bangun Prototipe Smarthome Berbasis Internet Of Things (iot) menggunakan Aplikasi Blynk Dengan Modul Esp8266," *eProceedings Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 3006–3013, 2019.
- [9] E. Media's, Syufrijal, and M. Rif'an, "Internet of Things (IoT): BLYNK Framework for Smart Home," in *International Conference on Technical and Vocational Education and Training (ICTVET)*, 2019, vol. 3, no. 12, pp. 579–586.
- [10] P. Alqinsi, I. J. Matheus Edward, N. Ismail, and W. Darmalaksana, "IoT-Based UPS Monitoring System Using MQTT Protocols," in *4th International Conference on Wireless and Telematics, ICWT*, 2018, pp. 1–5.
- [11] M. Giridhar and S.Kayalvizhi, "IoT Based Industrial Smart Grid Monitoring Using MQTT Protocol," *Int. J. Pure Appl. Math.*, vol. 118, no. 22, pp. 41–49, 2018.
- [12] Al-Masri, E., Kalyanam, K.R., Batts, J., Kim, J., Singh, S., Vo, T. and Yan, C., 2020. "Investigating messaging protocols for the Internet of Things (IoT)". *IEEE Access*, 8, pp.94880-94911.
- [13] Retno Tri Wahyuni, Rancang Bangun Sensor Node untuk Monitoring Parameter Cuaca dan PM2.5 Menggunakan Arduino WiFi, *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan (Elementer)*, Vol. 7 No. 2 (2021) .

- [14] Wang, X., Han, Y., Leung, V.C., Niyato, D., Yan, X. and Chen, X., 2020. "Convergence of edge computing and deep learning: A comprehensive survey". *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 22(2), pp.869-904.