

# PERANGKAT MANAJEMEN PEMBAGIAN DAN PEMBATASAN TENAGA LISTRIK SATU FASA PADA GRUP BERPRIORITAS BERBASIS IoT (INTERNET OF THINGS)

Dyah Retnohadi, 21401053007<sup>1</sup>, M. Jasa Afroni<sup>2</sup>, Bambang Minto Basuki<sup>3</sup>  
Mahasiswa Teknik Elektro<sup>1</sup>, Dosen Teknik Elektro<sup>2,3</sup>, Universitas Islam Malang  
[dyahretno60@gmail.com](mailto:dyahretno60@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan melakukan pembatasan arus secara dinamis, dengan mengembangkan sebuah purwarupa perangkat untuk melakukan manajemen pembagian dan pembatasan daya listrik. Perangkat tersebut dilengkapi dengan pengaturan pembatasan masing-masing grup, sehingga bila terdapat perubahan prioritas beban pada grup akan dapat dilakukan dengan cepat tanpa mengubah rangkaian secara fisik. Selain itu, perangkat yang dikembangkan ini akan dapat memonitor tegangan dan arus yang dimiliki oleh masing-masing grup. Proses monitoring dan pemutusan atau penyambungan secara manual pada perangkat tersebut bisa dilakukan dari jarak jauh menggunakan IoT (*internet of things*) pada *server* Blynk. Hasil uji kalibrasi menunjukkan *error* sebesar 0,36% pada pengukuran tegangan dan *error* sebesar 28,40% pada pengukuran arus listrik. Pemutusan otomatis berhasil dilakukan ketika terjadi beban berlebih (*overload current*) pada salah satu grup. Selain itu, grup yang memiliki prioritas terendah secara otomatis diputus ketika beban keseluruhan melampaui beban global. Penyambungan kembali secara otomatis berhasil dilakukan sesuai dengan jeda waktu dan banyaknya usaha penyambungan kembali seperti yang ditentukan oleh pengaturan operator. Monitoring serta pemutusan dan penyambungan manual dari jarak jauh juga berhasil dilakukan menggunakan IoT pada *server* Blynk.

**Kata kunci:** pembatasan daya listrik, sistem pengendali, pemutusan dan penyambungan otomatis, *internet of things*

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pembatas arus yang digunakan pada meter kWh pada setiap bangunan di Indonesia menggunakan pemutus rangkaian dengan batas nominal tertentu. Pembatas arus pada panel hubung bagi juga menggunakan beberapa pemutus rangkaian pada grup distribusi dengan batas tertentu, dengan pembatas yang masing-masing lebih kecil daripada pembatas pada titik pusat, namun memiliki kemampuan kolektif yang sering kali lebih besar dibandingkan pembatas titik pusat. Hal ini memungkinkan terjadinya pemutusan rangkaian pada titik pusat sebelum masing-masing pembatas pada grup distribusi terputus [1].

Hal tersebut bisa mengakibatkan terjadinya putus rangkaian secara menyeluruh sebelum ambang batas tiap grup terlampaui. Kejadian tersebut akan menurunkan kinerja usaha kecil, yang mana akan sangat tidak efisien dari sisi biaya apabila melakukan penambahan daya kontrak penyambungan maupun meningkatkan pasokan daya listrik darurat [1] [2].

Untuk memberikan solusi pada kasus tersebut, dilakukan pembatasan arus secara dinamis, dengan cara menggunakan sistem yang memiliki kemampuan mendeteksi arus yang disalurkan ke masing-masing grup, dan kemudian dapat memutus grup yang berpotensi membuat titik pusat kelebihan beban, sehingga pemutusan pasokan daya secara keseluruhan dapat dihindari. Masing-masing grup yang ada diberikan nilai prioritas tertentu untuk

membedakan grup yang penting dan yang kurang penting.

Sistem dalam perangkat tersebut dilengkapi dengan pengaturan pembatasan masing-masing grup sehingga bila terdapat perubahan nilai ambang beban maupun perubahan prioritas beban dapat dilakukan dengan cepat tanpa mengubah rangkaian secara fisik. Pengembangan perangkat dilakukan menggunakan bantuan mikrokontroler sebagai alat kendali, serta komponen utama berupa sensor arus, sensor tegangan, dan modul *relay*.

Salah satu penelitian yang mendukung dilakukan pada tahun 2009 oleh Holilurohman yang merancang sistem pengontrolan beban daya listrik, dengan menggunakan mikrokontroler AT89C52, dan mampu melakukan pemutusan secara lokal jika beban total melampaui nilai tertentu. Penyambungan kembali rangkaian tidak bisa dilakukan secara otomatis, melainkan harus secara manual oleh operator [3].

Selain itu, pada tahun 2012, Sulistyowati melakukan penelitian dengan merancang *prototype* sistem kontrol dan monitoring pembatas daya listrik berbasis mikrokontroler. Hasil pengujian alat ini mampu menghasilkan arus *error* rata-rata sebesar 4.88% pada setiap ruang dan daya listrik *error* rata-rata sebesar 2.76% pada setiap ruang. Namun kontrol pada pemutus rangkaian hanya bekerja memutus, tanpa kemampuan untuk menyambungkan kembali secara otomatis [4].

Pada tahun 2015, Kurniawan melakukan penelitian tentang rancang bangun sistem pengendali beban listrik rumah tangga berbasis kapasitas daya

ter-pasang. Pada penelitian tersebut, dilakukan optima-lisasi pasokan daya yang terpakai agar menjadi lebih efisien dengan menerapkan sistem pewaktu dan membatasi arus yang mengalir pada rangkaian lis-trik. Hasil yang diperoleh kapasitas daya terpakai dapat digunakan secara efisien selama 24 jam sesuai kapasitas daya terpasang. Namun perangkat ini tidak bisa digunakan di luar jam-jam operasional yang di-tentukan [5].

Pada tahun 2015, dilakukan penelitian oleh Nusa tentang sistem monitoring konsumsi energi listrik secara *real time* berbasis mikrokontroler. Hasilnya mampu mengukur arus listrik dengan *error* lebih kecil dari 1%, akan tetapi terjadi *error* pada beban lampu LED sebesar 14,30%, juga pada beban lampu fluoresen sebesar 5,73% [6].

Handarly melakukan penelitian pada tahun 2018 yang mengangkat topik tentang sistem monitoring daya listrik berbasis IoT (*internet of things*). Sistem monitoring yang memiliki tingkat akurasi di atas 90 % dengan persentase *error* 2,96 hingga 7,28 % [7] [8].

Sebagai penunjang lain untuk melakukan pengembangan, terdapat penelitian oleh Mukhlis pada tahun 2019, yang mengangkat studi tentang sistem pencahayaan dan pendingin udara pada gedung *dome* dan gedung F Universitas Islam Malang. Dari penelitian itu terungkap bahwa terdapat peluang penghematan energi dengan membuat SOP penggunaan pendingin udara dan penerangan pada setiap ruangan [9]. Selain itu terdapat satu penelitian tentang pembuatan pengering pakaian menggunakan Arduino Mega 2560 yang dilakukan oleh Hamidah pada tahun 2019. Penelitian tersebut membuktikan bahwa penggunaan mikrokontroler dapat meningkatkan fleksibilitas dalam melakukan pengaturan yang sebelumnya tidak fleksibel karena dilakukan dengan cara mekanik [10].

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas yang telah di-tulis sebelumnya maka pada penelitian ini memiliki beberapa permasalahan yang akan diteliti:

1. Bagaimana membuat sistem *monitoring* dan *controlling* beban menggunakan parameter tegangan dan arus untuk menghindari putusnya rangkaian secara keseluruhan.
2. Bagaimana menguji hasil perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik satu fasa pada grup berprioritas dengan kemampuan jarak jauh menggunakan IoT (*internet of things*).

### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Sasaran penelitian adalah instalasi milik pelanggan dengan kontrak penyambungan satu fasa pada usaha kecil atau usaha rumah tangga.

2. Perangkat yang dikembangkan memiliki pembagian delapan grup dengan batasan arus maksimal masing-masing sebesar 10 A dan kuota total maksimal sebesar 50 A.
3. Tegangan operasional yang digunakan adalah listrik AC 220 V dengan frekuensi nominal 50 Hz.
4. Monitoring yang dilakukan pada perangkat adalah arus dan tegangan.
5. Perangkat mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Mega 2560 dan Arduino Nano.
6. Sarana *monitoring* dan pengaturan jarak jauh dilakukan menggunakan IoT melalui perangkat NodeMCU ESP-12E dan akun terdaftar pada Blynk.

### 1.4. Tujuan Masalah

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Rancang bangun manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik satu fasa pada grup berprioritas dengan kemampuan jarak jauh menggunakan IoT (*internet of things*).
2. Menguji performa perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik satu fasa melalui jarak dekat (*control panel*) maupun jarak jauh (*internet of things*).

## II. METODE PENELITIAN

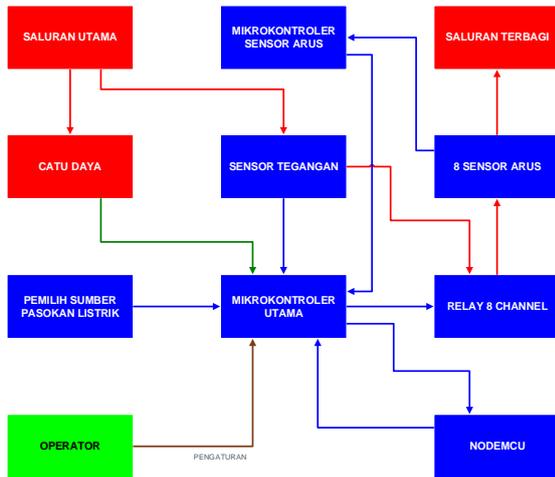
### 2.1. Langkah Penelitian

Langkah penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Studi Literatur
2. Perancangan Sistem Kendali
3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat
4. Pengujian Perangkat
5. Analisis Hasil Pengujian, dan
6. Kesimpulan

### 2.2. Rancangan Umum

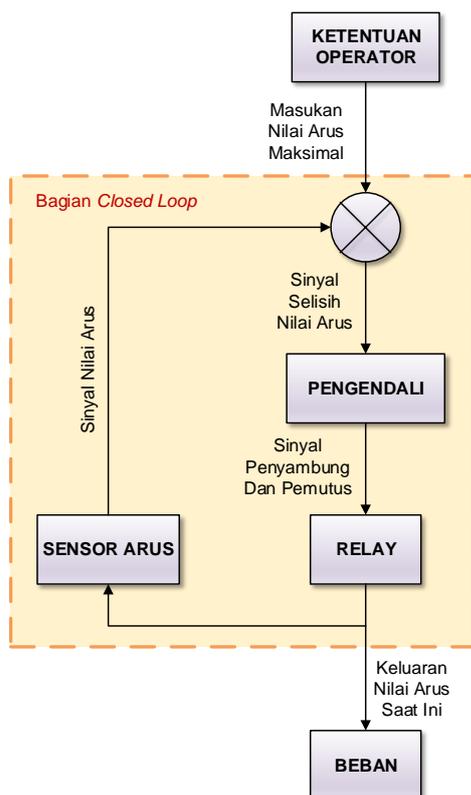
Rancangan umum perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Rancangan umum perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik.

Pada rancangan konsep perangkat yang dibangun, entitas merah berkaitan dengan daya listrik, entitas biru berkaitan dengan perangkat kendali, dan entitas hijau merupakan bagian luar yang berinteraksi dengan sistem melalui antarmuka. Garis merah menyatakan aliran listrik tegangan 220 VAC, sedangkan garis hijau menyatakan aliran listrik tegangan 12 VDC atau 5 VDC. Garis biru menyatakan arah sinyal kendali, dan garis cokelat menunjukkan interaksi dengan bagian luar (operator).

Sedangkan rancangan proses perangkat ditinjau dari sistem kendali ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Bagan sistem kendali perangkat.

Perangkat melakukan monitor pada profil tegangan dan arus dari setiap saluran. Jika dideteksi ada penyambungan kabel USB dengan PC atau laptop dan perangkat lunak *data logger* dalam posisi aktif, maka data monitor akan dialirkan ke PC tersebut. Proses *monitoring* dan proses pemutusan atau penyambungan dapat dilakukan operator dari jarak jauh, menggunakan *internet of things* melalui modul NodeMCU ESP-12E.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Pembangunan Perangkat

Perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik satu fasa pada grup berprioritas memiliki bentuk berupa kotak dengan ukuran 430×300×90 mm. Pada bagian atas terdapat panel kendali dan layar peraga serta lampu indikator.

Berurutan dari atas ke bawah, tampak indikator grup, layar peraga, *keypad*, indikator proses, dan tombol tekan-putar. Ketika tenaga dipasok ke dalam perangkat, maka perangkat akan menyala.

Jika dilihat dari arah depan, maka akan nampak sambungan stop kontak untuk daya utama dan kedelapan grup. Semua informasi dan navigasi menu dapat dilihat melalui layar peraga dan bisa dioperasikan oleh pemakai melalui *keypad* dan tombol.

#### 3.2. Pengujian Bagian Perangkat

Dari pengembangan perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik satu fasa pada grup berprioritas, pengujian dilakukan untuk memastikan validasi bagian-bagian utama telah bekerja sesuai dengan spesifikasi. Berikut adalah poin-poin pengujian yang dilakukan pada perangkat:

1. Uji Validasi Perangkat
2. Uji Kalibrasi Sensor Arus dan Sensor Tegangan
3. Uji Komunikasi Data Sensor Arus
4. Uji Keluaran Sensor Arus dan Tegangan
5. Uji Perilaku Utama Perangkat
6. Uji Koneksi IoT

Pengujian validasi berfungsi untuk memastikan bahwa antarmuka perangkat dengan operator sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan. Hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel I.

**Tabel I.** Hasil Pengujian Validasi Perangkat

No.	Poin Pengujian	Status
1	Uji modus <i>Booting</i>	Berhasil
2	Uji modus <i>Running Channel Status</i>	Berhasil
3	Uji modus <i>Running Channel Current</i>	Berhasil
4	Uji modus <i>Manual Break</i>	Berhasil
5	Uji modus <i>Manual Recover</i>	Berhasil
6	Uji modus <i>Running Login to Setting</i>	Berhasil
7	Uji modus <i>Setting Main</i>	Berhasil
8	Uji modus <i>Setting Voltmeter Calibration</i>	Berhasil
9	Uji modus <i>Setting Network Parameters</i>	Berhasil
10	Uji modus <i>Setting Maximum Current</i>	Berhasil
11	Uji modus <i>Setting Total Quota</i>	Berhasil
12	Uji modus <i>Setting Channels</i>	Berhasil
13	Uji modus <i>Setting PIN</i>	Berhasil
14	Uji penyimpanan hasil pengaturan	Berhasil
15	Uji penolakan hasil pengaturan	Berhasil

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara mengukur tegangan keluaran menggunakan volt-meter. Pengujian ini dilakukan pada waktu siang hari dan malam hari (untuk menyimulasikan waktu beban puncak). Sesuai dengan Tabel II, ditunjukkan bahwa pengujian nominal tegangan yang diukur dan ditampilkan oleh perangkat memiliki *error* mak-simal 0,46% setelah dilakukan proses kalibrasi, dan rata-rata *error* sebesar 0,36%.

**Tabel II.** Hasil Pengujian Sensor Tegangan

No.	Waktu	Voltmeter (V)	Perangkat (V)	Error (%)
1	09:00	218	219	0,46
2	12:00	223	223	0,00
3	18:00	204	205	0,49
4	21:00	209	210	0,48
<b>Error Rata-Rata (%)</b>				<b>0,36</b>

Pengujian sensor arus dilakukan dengan cara mengukur arus yang keluar menggunakan *clamp meter*. Pengujian ini dilakukan pada setiap grup dengan memberikan beban bervariasi pada grup tersebut. Tabel III menunjukkan hasil pengujian sensor arus dari kedelapan grup tersebut. Sesuai dengan hasil tersebut, maka ditunjukkan bahwa pengujian untuk masing-masing grup dengan beban bervariasi menghasilkan nilai pengukuran dengan ketelitian 0,1 A dan error maksimal 100,00% serta rata-rata *error* sebesar 28,40%.

**Tabel III.** Hasil Pengujian Sensor Arus dari Kedelapan Grup

No.	Grup	Beban	Clamp meter (A)	Perangkat (A)	Error (%)
1	1	Lampu 100W	0,4	0,4	0,00
2	2	Lampu 60W	0,2	0,2	0,00
3	3	Pemanas 300W	1,4	1,5	7,14
4	4	Pemanas 100W	0,4	0,5	25,00
5	5	Bor Listrik	0,3	0,5	66,67
6	6	Battery Charger 60W	0,1	0,2	100,00
7	8	Desktop PC	0,2	0,2	0,00
<b>Error Rata-Rata (%)</b>					<b>28,40</b>

Pengujian perilaku utama perangkat berupa pembebanan grup dengan beban bervariasi, perilaku grup ketika terjadi beban melampaui batas yang ditentukan, dan perilaku grup ketika diperintah untuk putus atau sambung secara manual.

Ketika semua grup diputuskan dengan menekan tombol *keypad* 1 sampai 8 pada modus **Running Manual Break**, semua grup tidak dialiri arus sama sekali, seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Selain itu total arus secara keseluruhan juga bernilai sama dengan nol. Pada aplikasi *data logger*, indikator biru muda menandakan bahwa grup dalam keadaan aktif, indikator hijau menandakan bahwa grup dalam keadaan tersambung. Sementara pada bagian paling kanan merupakan *bar* untuk menggambarkan besarnya arus secara grafis pada tiap-tiap grup. Pada bagian bawah terdapat *bar* yang menyatakan besarnya arus total yang mengalir ke semua grup.



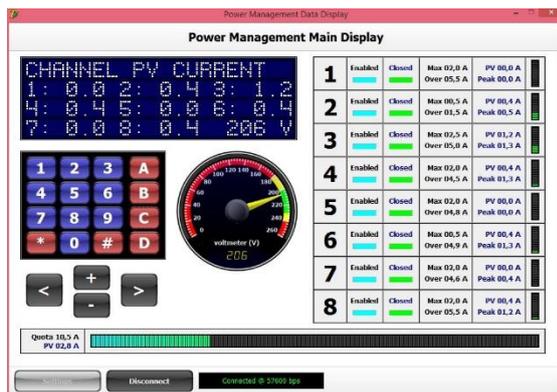
**Gambar 3.** Hasil uji ketika semua grup diputuskan.

Jika semua grup diaktifkan dan disambungkan kembali, sementara arus yang melalui masing-masing grup masih dalam batas yang ditentukan, maka perangkat menampilkan besaran arus masing-masing grup beserta totalnya dan status masing-

masing grup adalah tersambungkan. Dalam hal ini, grup yang dibebani adalah:

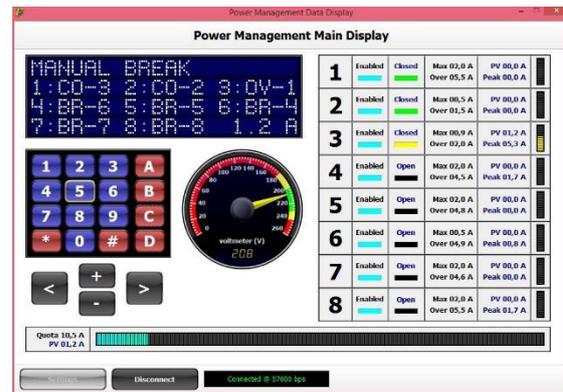
1. Grup 2, dengan nilai *overload current* 1,5 A, dan beban 0,4 A.
2. Grup 3, dengan nilai *overload current* 5,0 A, dan beban 1,2 A.
3. Grup 4, dengan nilai *overload current* 4,5 A, dan beban 0,4 A.
4. Grup 6, dengan nilai *overload current* 4,9 A, dan beban 0,4 A.
5. Grup 8, dengan nilai *overload current* 5,5 A, dan beban 0,4 A.

Pada kasus ini, semua puncak beban tidak ada yang melampaui *overload current* masing-masing grup, sehingga tidak sempat terjadi pemutusan otomatis. Semua jumlahan beban tersebut adalah 2,8 A, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil uji ketika arus berada dalam batas.

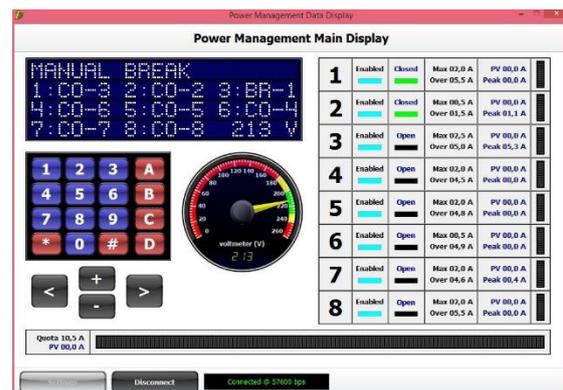
Sebagai pengujian berikutnya adalah ketika salah satu grup (grup 3) mendapatkan beban di bawah batas *overload current* namun di atas batas *maximum current*, maka tidak terjadi pemutusan otomatis, namun hanya diberi peringatan bahwa grup tersebut dalam posisi *overload current*. Hal ini ditandai dengan indikator **OV** pada grup yang bersangkutan. Pada percobaan ini grup 1, 2, dan 3 disambungkan, sedangkan grup 4, 5, 6, 7, dan 8 diputus secara manual untuk memfokuskan pada grup yang sedang dibebani. Tampak bahwa pada grup 3 terjadi beban sebesar 1,2 A, dan sebelumnya terjadi puncak beban hingga 1,3 A. Kondisi tersebut masih di dalam posisi *overload current*, sehingga tidak terjadi pemutusan otomatis. Tampilan tersebut ditunjukkan pada Gambar 5, dengan batas yang diatur dalam kasus tersebut adalah 0,9 A untuk *maximum current* dan 2,0 A untuk *overload current*.



Gambar 5. Hasil uji grup 3 dalam batas *overload current*.

Ketika beban ditambah hingga melampaui batas *overload current*, maka yang terjadi adalah pemutusan secara otomatis dengan waktu respons maksimal 20 ms setelah terjadi arus berlebih. Dalam hal ini dicoba dilakukan pengaturan ulang untuk *maximum current* menjadi 2,5 A, sedangkan untuk *overload current* menjadi 5,0 A. Beban yang diberikan adalah lampu pijar 100 W dan bor listrik yang diaktifkan secara tiba-tiba menuju kecepatan paling tinggi.

Sesuai dengan Gambar 6, terlihat bahwa setelah dibebani terjadi pemutusan secara otomatis pada grup 3. Tampak bahwa puncak arus terdeteksi sebelum terjadi pemutusan adalah 5,3 A, yang mana telah melampaui batas *overload current* sebesar 5,0 A.



Gambar 6. Hasil uji grup 3 dibebani secara tiba-tiba melampaui batas *overload current*.

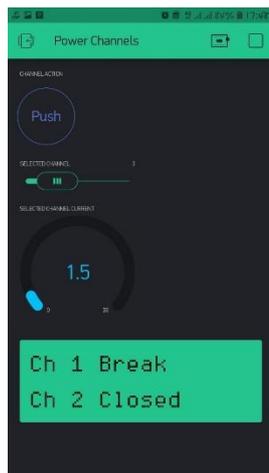
Pengujian koneksi IoT dilakukan setelah pembuatan akun Blynk dan desain antarmuka pada perangkat *mobile* selesai. Karena keterbatasan ukuran layar yang nyaman dan jumlah komponen yang bisa dimasukkan pada desain, maka dibuat satu tombol tekan untuk melakukan pemutusan atau penyambungan grup secara manual. Grup yang akan diputus atau disambung ditentukan oleh satu *slider* yang bisa diisi nilai 1 hingga 8, sesuai dengan banyaknya grup pada perangkat. Nilai arus yang mengalir pada grup yang sedang ditunjuk oleh *slider* tersebut ditampilkan pada sebuah indikator gabungan analog dan digital. Selain itu, terdapat

satu peraga LCD pada bagian paling bawah untuk menunjukkan status se-tiap grup secara bergantian.



**Gambar 7.** Tampilan Blynk pada telepon seluler dengan grup 5 sedang aktif.

Pada Gambar 7 ditunjukkan tampilan Blynk pada telepon seluler yang menunjukkan bahwa grup 5 sedang aktif. Tampak bahwa arus yang sedang mengalir pada grup 5 adalah 0,75 A. Sebelumnya, grup 1 telah diputuskan secara manual dari telepon seluler dengan cara memposisikan grup aktif pada *slider* ke nilai 1 dan menekan tombol. Tampak pada peraga LCD bagian bawah bahwa grup 1 putus sementara grup 2 tersambung. Karena keterbatasan tempat, peraga tersebut akan secara berkala menampilkan dua grup yang berdekatan dan menggeser ke grup berikutnya hingga grup 8, dengan sela waktu tampilan adalah 5 detik.



**Gambar 8.** Tampilan Blynk pada telepon seluler dengan grup 3 sedang aktif.

Ketika *slider* digeser sehingga grup aktif menunjuk ke grup 3, maka akan tampil seperti Gambar 8, yang menunjukkan bahwa grup 3 sedang dialiri arus sebesar 1,5 A.

### 3.3. Analisis Hasil Pengujian

Dari proses pengujian yang telah dilakukan, maka hasil yang didapatkan dianalisis sesuai dengan poin-poin pengujiannya. Poin pengujian pertama adalah uji validasi perangkat untuk menentukan validitas antarmuka dengan operator,

kemudian poin pengujian kedua adalah uji kalibrasi sensor untuk menentukan akurasi instrumen pengukuran tegangan dan arus, serta poin pengujian terakhir adalah uji perilaku utama perangkat untuk menentukan keberhasilan perangkat menangani kondisi sesuai dengan spesifikasi yang telah diberikan.

Dari hasil uji validasi didapatkan bahwa tombol tekan, tombol putar, *keypad*, dan peraga LCD dinyatakan mampu beroperasi sesuai fungsi masing-masing. Selain itu, navigasi menu juga berfungsi dengan baik, mulai dari kondisi pada modus operasional **Booting**, **Running**, hingga **Setting**. Sewaktu perangkat memasuki modus operasional **Booting**, peraga menampilkan identifikasi hingga 5 detik sesuai dengan spesifikasi. Pada waktu perangkat memasuki modus operasional **Running**, peraga menampilkan informasi sesuai dengan spesifikasi, dan tombol tekan, tombol putar, dan *keypad* bereaksi sesuai dengan kegunaan masing-masing. Pada waktu perangkat memasuki modus operasional **Setting**, peraga menampilkan informasi sesuai dengan spesifikasi, dan semua tombol berfungsi dengan baik untuk navigasi menu serta mengubah nilai pengaturan. Hasil pengaturan segera berlaku ketika perangkat kembali memasuki modus **Running**. Ketika perangkat dinyalakan ulang, pengaturan yang terakhir tetap berlaku.

Dari hasil uji kalibrasi sensor tegangan dan sensor arus, didapatkan bahwa semua pengukuran masuk dalam batas toleransi *error* sesuai spesifikasi. Pengukuran tegangan memiliki *error* sebesar 0,36% sementara pengukuran arus memiliki *error* sebesar 28,64%.

Hasil uji perilaku utama perangkat juga mengindikasikan bahwa perangkat telah berhasil memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Ketika terjadi *pa-sokan* arus pada salah satu grup yang melampaui batas *overload current*, maka grup bersangkutan akan putus secara otomatis. Fitur *auto-recovery* juga bekerja dengan sempurna sesuai spesifikasi. Ketika terjadi kelebihan beban yang melampaui kuota total, maka grup yang paling rendah prioritasnya dan berada pada posisi antara *maximum current* dengan *overload current* akan putus secara otomatis.

## IV. PENUTUP

### 4.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis pada penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan, antara lain:

1. Proses *monitoring* beban berdasarkan parameter tegangan dan arus berhasil dilakukan menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, dan papan rangkaian Arduino Nano (ATmega328P). Hasil uji kalibrasi menunjukkan *error* sebesar 0,36% pada pengukuran tegangan dan *error*

sebesar 28,64% pada pengukuran arus listrik.

2. Perangkat manajemen pembagian dan pembatasan tenaga listrik satu fasa pada grup berprioritas dengan kemampuan jarak jauh menggunakan IoT (*internet of things*) telah berhasil dibangun dan lulus pengujian dengan spesifikasi yang telah ditentukan melalui uji validasi, uji kali-brasi, uji perilaku utama, dan uji koneksi IoT.

#### 4.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian ini adalah:

1. Pada penelitian berikutnya diharapkan pengembangan perangkat yang bisa menangani listrik tiga fasa.
2. Pada penelitian berikutnya diharapkan pengembangan untuk perilaku sistem pemutusan yang menggunakan kurva waktu tunda untuk beban yang berada pada kisaran *maximum current* hingga *overload current*.
3. Pada penelitian berikutnya diharapkan pengembangan pencatatan penggunaan energi listrik tiap grup.
4. Pada penelitian berikutnya diharapkan pengembangan manajemen kuota penggunaan energi tiap grup dan seluruh grup.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurfitri, D. Notosudjono dan A. R. Machdi, "Studi Perancangan Instalasi Listrik pada Gedung Bertingkat Onih Bogor," *Jurnal Online Mahasiswa Bidang Teknik Elektro Universitas Pakuan*, pp. 1-12, 2016.
- [2] A. D. Prok, H. Tumaliang dan M. Pakiding, "Penataan dan Pengembangan Instalasi Listrik Fakultas Teknik UNSRAT 2017," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Universitas Sam Ratulangi*, pp. 207-218, 2018.
- [3] E. Holilurahman, "Perancangan Sistem Pengontrolan Beban Daya Listrik," Universitas Komputer Indonesia, Bandung, 2009.
- [4] R. Sulistyowati dan D. D. Febriantoro, "Perancangan Prototype Sistem Kontrol dan Monitoring Pembatas Daya Listrik berbasis Mikrokontroler," *Jurnal IPTEK*, pp. 24-32, 2012.
- [5] A. Kurniawan dan Budiyanto, "Rancang Bangun Sistem Pengendali Beban Listrik Rumah Tangga Berbasis Kapasitas Daya Terpasang," *LEKTUM*, vol. 11, no. 2, pp. 27-35, 2015.
- [6] T. Nusa, S. Sompie dan M. Rumbayan, "Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik secara Real Time Berbasis Mikrokontroler," *E-journal Teknik Elektro dan Komputer UNSRAT*, vol. 4, no. 5, pp. 19-26, 2015.
- [7] D. Handarly dan J. Lianda, "Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)," *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, vol. 3, no. 2, pp. 205-208, 2018.
- [8] J. Lianda, D. Handarly dan Adam, "Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Jarak Jauh Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Rekayasa (JTERA)*, vol. 4, no. 1, pp. 79-84, 2019.
- [9] M. Mukhlis, B. D. Sulo dan B. M. Basuki, "Studi Sistem Pencahayaan dan AC (Air Conditioner) pada Gedung Dome dan Gedung F Universitas Islam Malang," *SCIENCE ELECTRO*, vol. 10, no. 1, pp. 31-36, 2019.
- [10] U. Hamidah, Sugiono dan B. M. Basuki, "Pembuatan Pengereng Pakaian Menggunakan Arduino Mega 2560," *SCIENCE ELECTRO*, vol. 11, no. 1, pp. 1-6, 2019.
- [11] "Arduino - Introduction," 15 7 2018. [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>.
- [12] M. Banzi, *Getting Started with Arduino*, Sebastopol: O'Reilly Media, 2011.
- [13] S. A. Dyer, *Wiley Survey of Instrumentation and Measurement*, John Wiley & Sons, 2004.
- [14] S. Heath, *Embedded Systems Design*, Massachusetts: Newnes, 2003.
- [15] K. Ogata, *Discrete-Time Control Systems*, New York: Prentice-Hall, 1987.
- [16] Z. Vukić, L. Kuljača, D. Đonlagić and S. Tešnjak, *Nonlinear Control Systems*, New York: Marcel Dekker, 2003.