

PURWARUPA PERANGKAT TERTANAM BERBASIS IOT UNTUK PENGUKURAN TEGANGAN BATERAI SECARA *REAL-TIME* DI GARDU INDUK KEDUNGBADAK BOGOR

PROTOTYPE OF IOT-BASED EMBEDDED DEVICE FOR REAL-TIME BATTERY VOLTAGE MEASUREMENT AT THE SUBSTATION OF KEDUNGBADAK BOGOR

Yhudha Prasetya¹, Arief Goeritno^{2*}, Selamat Lestari¹

^{1,3} PT (Persero) PLN, UPT Bogor

Jalan Jenderal Sudirman Nomor 5, Kelurahan Pabaton, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor 16121

²Electrical Engineering Study Program, Universitas Ibn Khaldun Bogor

Jalan Sholeh Iskandar km.2, Kelurahan Kedungbadak, Kecamatan Tanah Sareal, Kota Bogor 16164

Diterima: 5 Oktober 2022

Direvisi: 8 November 2022

Disetujui: 30 November 2022

ABSTRAK

Hasil rancangan “*Volt Baterai and Cell Monitoring*” (VBCM) hanya berupa tanda *alarm* melalui bunyi dari sebuah *buzzer*. Berdasarkan hal itu, maka dilakukan peningkatan (*upgrading*) dalam bentuk sebuah purwarupa perangkat tertanam untuk pemantauan terhadap nilai tegangan sistem baterai secara keseluruhan maupun setiap sel baterai sehingga dapat digunakan untuk keperluan di Gardu Induk Kedungbadak melalui mekanisme *real-time* berbasis IoT. Dua pokok bahasan pada makalah ini yang berkaitan dengan sasaran penelitian, yaitu pembuatan perangkat dan pemrograman, dan pengukuran kinerja prototipe perangkat. Keterbentukan subsistem dilakukan melalui pengawatan terintegrasi antar peranti elektronika agar diperoleh proses dan kondisi *handshacking* secara perangkat keras (*hardware*). Pemrograman subsistem dilakukan melalui pembuatan algoritma dan penyusunan sintaks agar diperoleh *handshacking* secara perangkat lunak (*software*). Kinerja subsistem terukur ketika diintegrasikan ke smartphone melalui aplikasi Blynk IoT agar diperoleh proses *handshacking* secara perangkat keras dan lunak. Kinerja prototipe perangkat saat pemantauan tegangan berupa informasi tentang nilai tegangan terukur setiap sel baterai, yaitu nilai tegangan tertampil pada “sistem client”, “sistem server”, dan “smartphone”, sedangkan alarm penurunan tegangan sel baterai berupa notifikasi pada smartphone dan email berisi pemberitahuan penurunan tegangan salah satu sel baterai. Prototipe sistem terfabrikasi dapat digunakan untuk keperluan efisiensi pengukuran dan deteksi awal anomali pada sel baterai.

Kata kunci: purwarupa perangkat tertanam berbasis IoT, pengukuran tegangan baterai secara real-time, gardu induk Kedungbadak Bogor

ABSTRACT

The result of the design for the Volt of Battery and Cell Monitoring (VBCM) is only an alarm signal through the sound of a buzzer. Based on this, an upgrade was carried out in the form of an embedded device prototype for monitoring the overall battery system voltage value and for each battery cell, therefore it can be used for purposes at the Kedungbadak Substation through an IoT-based real-time mechanism. Two subjects in this paper are related to the research objectives, namely device manufacturing and programming, and device prototype performance measurement. The formation of the subsystem is carried out through integrated wiring between electronic devices, to obtain the hardware handshaking process and conditions (hardware), whereas the subsystem programming is done through making algorithms and compiling syntax, to obtain handshaking by software. The performance of the subsystem is measurable when integrated into the smartphone via the Blynk IoT app, to obtain a hardware and software handshaking process. The performance of the device prototype when monitoring the voltage in the form of information about the measured voltage value of each battery cell, namely the voltage value displayed on the "client system", "server system", and "smartphone", while the battery cell voltage drop alarm is in the form of notifications on smartphones and emails containing notifications voltage drop in one of the battery cells. Fabricating system prototypes can be used to measure efficiency and early detection of anomalies in battery cells.

Keywords: *prototype of IoT-based embedded device, real-time battery voltage measurement, the Substation of Kedungbadak Bogor.*

PENDAHULUAN

Gagasan dan kegiatan penelitian ini dilandasi oleh rancangan sebuah sistem sebelumnya, yaitu “*Volt of Baterai and Cell Monitoring*” atau VBCM [1]. Gagasan pada rancangan VBCM, hanya berupa tanda *alarm* melalui bunyi dari sebuah *buzzer* ketika terdapat penurunan nilai tegangan sel baterai sehingga hal itu merupakan bentuk keterbatasan. Peningkatan (*upgrading*) terhadap hasil rancangan VBCM tersebut merupakan upaya untuk kemudahan dalam pemantauan nilai tegangan sistem baterai secara keseluruhan dan setiap sel baterai. Perangkat tersebut, sekaligus untuk peningkatan efisiensi waktu terpakai pada saat kegiatan untuk pengukuran nilai tegangan pada sistem baterai dan setiap sel baterai [2]. Keberhasilan pembuatan purwarupa perangkat pemantau dan pengukur ini secara keseluruhan merupakan upaya untuk penjagaan kondisi baterai agar dapat berkinerja optimal [3].

Internet of Things (IoT) adalah hubungan antara perangkat fisik dan aplikasi dengan penyediaan sarana untuk akses dan kendali perangkat tersebut [4]. Peralatan terintegrasi di dalam IoT, dapat berkomunikasi melalui jaringan Internet untuk berbagi dan transfer informasi dengan identitas unik yang ditetapkan untuk setiap perangkat, seperti *Unique Identification* (UID, Pengidentifikasi Unik) [5]. Data dari perangkat fisik dikirim melalui jaringan Internet agar dapat ditampilkan pada aplikasi [6]. Hubungan antar perangkat dengan IoT bertujuan untuk ketercapaian kinerja perangkat terintegrasi, aman dan cepat secara *real-time*, dan dengan kepemilikan layanan personal, seperti pemantauan jarak jauh, pengukuran, pencarian, penjadwalan, perekaman, pencatatan, pemeliharaan, dan pelaporan [7]. Proses integrasi antara sistem dengan jaringan Internet digunakan modul Wi-Fi sehingga data diterima oleh pengolah mikro dikirim ke *web server* agar data dapat diakses secara dalam jaringan.. (daring) [8]. Penghubungan berbagai objek ke jaringan Internet telah terciptakan perubahan sangat signifikan dalam bidang ekonomi berbasis teknologi informasi dan komunikasi (TIK) atau *Information Communication Technology*

(ICT) [9]. Sejumlah besar sensor terhubung ke jaringan Internet menjadi pemasalahan untuk manajemen tugas IoT, proses data, dan sistem pengambilan keputusan karena harus diberikan layanan yang sama kepada pengguna sehingga latensi perlu diantisipasi dalam pengelolaan dan pemrosesan data dari sensor terpasang pada IoT. Kepastian *Quality-of-Service* (QoS) terbaik dengan resolusi latensi rendah untuk aplikasi IoT, layanan TI, tugas pengguna, dan *event client* dalam ekosistem, sangat penting untuk dukungan aplikasi *real-time* yang sadar latensi [10]. Perawatan dan tindakan pencegahan yang tepat dapat diambil dengan implementasi IoT [9].

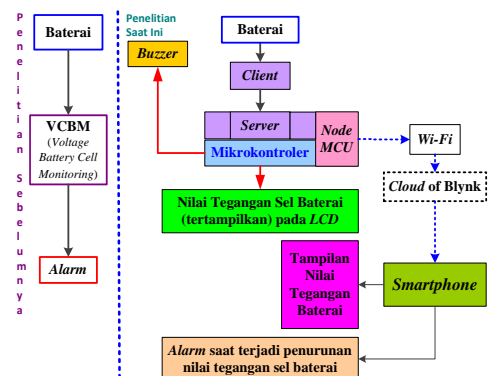
Kegiatan pemantauan dan pengukuran tegangan sistem baterai di lingkungan Gardu Induk (GI) pada umumnya [11], maupun khususnya di GI Kedungbadak yang dilakukan secara periodik (*periodic*) dan berkelanjutan. Pengukuran nilai tegangan sistem baterai secara keseluruhan dilakukan setiap hari, sedangkan untuk setiap sel baterai dilakukan setiap pekan [12]. Berpedoman kepada peranan dan fungsi sistem baterai di setiap GI, maka dibuat sebuah sistem berbentuk purwarupa (*prototype*) berbantuan pengontrol mikro (*microcontroller*, μC) atau *microcontroller unit* (MCU) [13] melalui mekanisme *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) [14]. Purwarupa tersebut difungsikan sebagai sebuah perangkat elektronis terintegrasi (*integrated electronic devices*) untuk pemantau dan pengukur terhadap nilai tegangan sistem dan sel baterai di GI Kedungbadak sehingga nilai tegangan dapat ditampilkan pada layar (*display*) telepon pintar (*smartphone*) secara *real-time*.

Penelitian tentang *Real-time Monitoring System* (RMS) pada perangkat listrik telah dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Perangkat yang menjadi objek penelitian dan parameter daya listrik terukur pada setiap penelitian sebelumnya sangat bervariasi [7]. *Real-time Monitoring System* banyak digunakan pada alat dengan kecenderungan sensitif terhadap perubahan nilai pada data termonitor, seperti peringatan dini (*early warning system*, EWS) [15] terhadap bencana, peringatan anomali pada suatu alat, pendeteksi perubahan nilai kecepatan angin pada suatu kincir angin, atau bentuk

lainnya [16]. Parameter kondisi lingkungan tidak sesuai dengan kriteria dapat dikenali oleh sistem sebagai bentuk gangguan. Gangguan terhadap sistem tersebut direspon dengan pengiriman pesan peringatan gangguan atau dilakukan deaktivasi sistem untuk pencegahan kerusakan yang lebih parah [17]. Data diperoleh dapat diharapkan seakurat mungkin untuk keperluan pengolahan data lebih lanjut, seperti untuk keperluan basis data (*database*) ataupun kebutuhan evaluasi data [18]. *Real-time Monitoring System* dibangun melalui pemanfaatan komunikasi *client-server* berbasis *web* pada jaringan di dalam Internet publik, atau *reserve proxy*. Kualitas komunikasi data (*communication data*) pada sisi *client* dipengaruhi oleh kondisi jaringan dari *Internet Service Provider* (ISP) yang digunakan. Hal tersebut dibuktikan dengan hasil pengukuran kualitas pengiriman data yang berubah-ubah setiap waktu [19]. Kemampuan RMS, yaitu dapat dilakukan pengamatan sumber daya (*resource*) *server* secara *real-time* dari jarak jauh (*remote area*) [20].

Berdasarkan inti sari hasil penelitian secara umum yang dilandasi oleh sejumlah hasil penelitian terdahulu yang sejenis dalam penggunaan perangkat elektronik berbasis μC [13] baik modul mikrokontroler terpabrikasi (*custom design*) [21-24] atau pemanfaatan secara langsung modul Arduino [25-32] yang diintegrasikan ke dalam sistem *mini-motherboard* terpabrikasi [22-32]. Penelitian ini juga dilatarbelakangi oleh penelitian terdahulu yang terkait dengan pemanfaatan jaringan Internet [33, 34, 29, 31, 32]. Berpedoman kepada penelitian terdahulu yang sejenis dan berkaitan erat, maka dibuat sebuah prototipe pemantau dan pengukur tegangan sistem dan sel baterai di GI Kedungbadak secara *real-time* melalui sistem berbasis IoT. Konsepsi rancangan berdasarkan pada rancangan VBCM [1] dengan peningkatan pada sisi pemantauan dan pengukuran nilai tegangan berbasis IoT. Mikrokontroler terpasang berada pada dua macam perangkat berbeda, yaitu pada sistem *client* dan *server*. Nilai tegangan setiap sel baterai dibaca oleh *client* sebagai data terkirim ke *server* setelah data dari setiap *client* berhasil dikumpulkan, maka *server* kirim informasi tersebut ke jaringan Internet (*server* dari Blynk IoT) dan proses pengunduhan dilakukan dengan aplikasi Blynk IoT pada *smartphone* untuk penampilan data nilai tegangan setiap sel baterai secara *real-time*. Diagram

skematis rumusan masalah untuk rancang-bangun sebuah purwarupa sistem berbantuan mikrokontroler dan berbasis IoT, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.



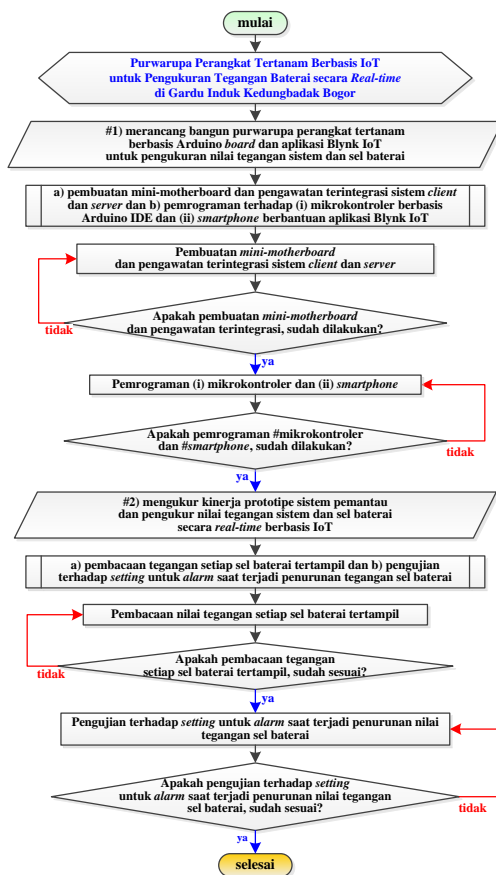
Gambar 1. Diagram skematis rumusan masalah untuk rancang-bangun sebuah purwarupa sistem berbantuan mikrokontroler dan berbasis IoT

Berpedomaan kepada uraian pada alinea rumusan masalah tersebut, maka ditetapkan sasaran penelitian, yaitu (i) merancang bangun dan (ii) mengukur kinerja prototipe sistem berbantuan sistem mikrokontroler untuk pemantau dan pengukur nilai tegangan sistem dan sel baterai secara *real-time* berbasis IoT. Prototipe sistem merupakan perangkat elektronis terintegrasi yang terdiri atas sistem *client* dan *server*. Modul Arduino Nano digunakan sebagai pusat kendali sistem *client* dan Arduino Pro MEGA2560 R3 difungsikan sebagai pusat kendali sistem *server* sebagaimana PC difungsikan ke hal serupa [35]. Penanaman struktur sintaks program berbasis Arduino IDE ke dalam memori mikrokontroler [26-32]. Kinerja prototipe sistem secara *real-time* berbasis IoT teraktualisasi untuk pembacaan nilai tegangan setiap sel baterai yang terkirimkan ke sistem telepon pintar dan ditampilkan pada layar telepon pintar, sedangkan penunjukan kondisi *alarm* ketika terjadi penurunan nilai tegangan setiap sel baterai.

METODE PENELITIAN

Sejumlah bahan dan alat dibutuhkan pada penelitian ini digunakan sebagai dukungan terhadap setiap proses pada metode penelitian agar diperoleh sasaran penelitian melalui pembatasan masalah. Bahan penelitian ini berupa sejumlah modul untuk ketercapaian sebuah prototipe perangkat keras (*hardware*)

untuk sistem pemantau tegangan baterai secara *real-time* berbasis IoT. Kebutuhan perangkat lunak (*software*) untuk penelitian, meliputi penggunaan langsung aplikasi Arduino *IDE* dan aplikasi Blynk IoT yang digunakan pada penelitian sebelumnya [36]. Bentuk metode penelitian didasarkan kepada hasil penelitian pada sejumlah artikel sebelumnya [37-40, 15], yaitu merupakan satu kesatuan algoritma untuk pelaksanaan penelitian dalam bentuk beberapa tahapan yang berguna untuk pencapaian setiap sasaran penelitian. Satu kesatuan algoritma diwujudkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*). Metode penelitian berbentuk diagram alir, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir metode penelitian

Berdasarkan Gambar 2 dapat dijelaskan bahwa metode penelitian berisi dua sasaran penelitian, yaitu (i) merancang bangun purwarupa sistem pemantauan dan (ii) mengukur kinerja purwarupa sistem pemantauan saat digunakan untuk pemantauan dan pengukuran nilai tegangan sistem dan sel baterai secara *real-time* berbasis IoT.

Rancang Bangun Purwarupa Perangkat Tertanam

Rancang bangun prototipe pemantau tegangan baterai secara *real-time* berbasis IoT dilakukan dengan (i) pembuatan *mini-motherboard* dan pengawatan terintegrasi sistem *client-server* dan (ii) pemrograman terhadap mikrokontroler berbasis Arduino IDE dan terhadap *smartphone* berbantuan aplikasi Blynk IoT.

Pengukuran Kinerja Purwarupa Sistem

Langkah-langkah pada pengukuran kinerja sistem pemantauan dan pengukuran nilai tegangan sistem dan sel baterai berbasis IoT, berupa (i) pembacaan tegangan setiap sel baterai tertampilkan dan (ii) pengujian pada *setting* terhadap *alarm* saat terjadi penurunan nilai tegangan sel baterai. Data hasil pembacaan terhadap nilai tegangan diperoleh dari simulasi pemberian tegangan pada masukan purwarupa sampai diperoleh hasil yang sesuai dengan sasaran penelitian. Pengukuran kinerja dilakukan berdasarkan pengambilan data nilai tegangan sel baterai #1 dan #2 terukur oleh purwarupa.

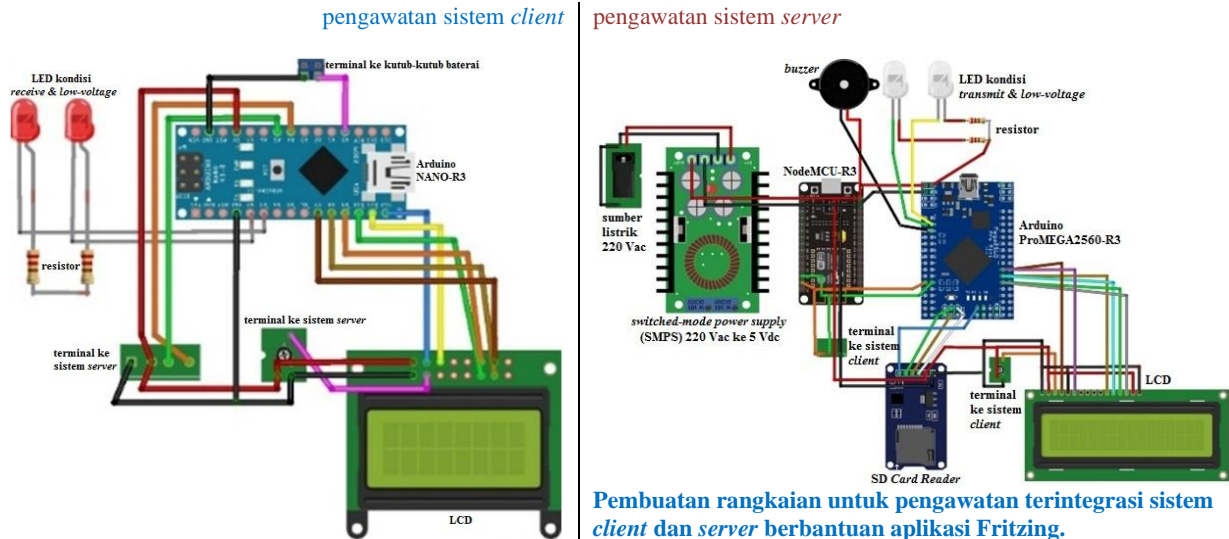
HASIL DAN PEMBAHASAN

Bentuk Fisik Purwarupa Perangkat Tertanam

Rancang bangun untuk keterbentukan sebuah prototipe sistem berupa seperangkat instrumen elektronik berbantuan mikrokontroler modul Arduino sebagai pemantau dan pengukur nilai tegangan sistem dan sel baterai secara *real-time* berbasis IoT yang telah dilakukan dengan penahapan (i) pembuatan *mini-motherboard* dan pengawatan sistem *client-server* dan (ii) pemrograman mikrokontroler berbasis Arduino IDE dan *smartphone* dengan aplikasi Blynk IoT.

Pembuatan *mini-motherboard* dan pengawatan terintegrasi sistem *client-server*

Pembuatan *mini-motherboard* berbentuk *printed circuit board* (PCB) satu lapis sebagai pusat pengintegrasian dalam pengawatan untuk purwarupa sistem pemantauan dan sebagai penghubung berbagai komponen dan modul elektronika sebagaimana telah dilakukan pada cara dan proses pada penelitian sebelumnya. Fisis *mini-motherboard* untuk sistem *client* dibuat terpisah dari *mini-motherboard* untuk sistem *server*. Pengawatan terintegrasi sistem *client* dan *server*, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengawatan terintegrasi sistem *client* dan *server*

Berdasarkan Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa (i) perakitan sistem *server* sebagai pusat pengumpulan data dari beberapa sistem *client* untuk dikirim ke *cloud server* Blynk IoT. Arduino Pro MEGA2560 R3 digunakan sebagai pengendali utama sistem *server*, (ii) LCD terpasang berfungsi penampilan data pengukuran tegangan sel baterai kumulatif dari beberapa sistem *client*, (iii) *buzzer* terpasang untuk

peringatan terhadap penurunan nilai tegangan sel baterai, dan (iv) NodeMCU R3 terpasang modul *Wi-Fi* berfungsi untuk akses ke *Internet* (daring) dengan terhubung pada *hotspot smartphone* guna proses *uploading* data ke *server* Blynk IoT.

Keterhubungan antar *pin* pada sistem *server*, *client*, dan perangkat pendukung, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

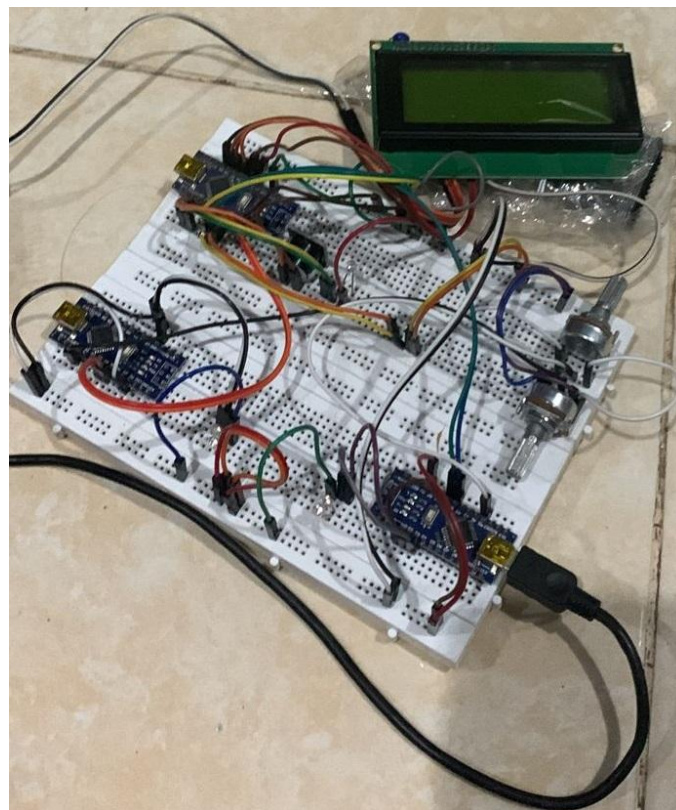
Tabel 1. Keterhubungan antar *pin* pada sistem *server*, *client*, dan perangkat pendukung

No.	Arduino Pro MEGA2560 R3	Arduino NANO-R3	NodeMCU	LCD 2x8	LCD 4x20	Buzzer	LED Data Receive	LED Data Transmit	LED Low-voltage	Relai	Simulator Baterai	SD Card Reader
1	Vcc	Vcc	-	Vcc	Vcc	Vcc	Vcc	Vcc	Vcc	-	Vcc	Vcc
2	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	Gnd	-	-	-	-	-	Gnd	Gnd
3	Vin	-	Vin	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	3,3 V	-	3,3 V	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	D2	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	-
6	D3	-	-	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-
7	D4	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-	-	-
8	D20 (SDA)	A4 (SDA)	D2 (SDA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	D21 (SCL)	A5 (SCL)	D1 (SCL)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	D49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	CS
11	D50 (SCK)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	SCK
12	D51 (MOSI)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Mosi
13	D52 (MISO)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MISO
14	D32	-	-	-	Enable	-	-	-	-	-	-	-
15	D33	-	-	-	RS	-	-	-	-	-	-	-
16	D34	-	-	-	D4	-	-	-	-	-	-	-
17	D35	-	-	-	D5	-	-	-	-	-	-	-
18	D36	-	-	-	D6	-	-	-	-	-	-	-
19	D37	-	-	-	D7	-	-	-	-	-	-	-
20	D5	-	-	-	-	-	-	-	-	In 1	-	-
21	D6	-	-	-	-	-	-	-	-	In 2	-	-
22	-	A0	-	-	-	-	-	-	-	-	Adj voltage	-
23	-	D7	-	Enable	-	-	-	-	-	-	-	-
24	-	D8	-	RS	-	-	-	-	-	-	-	-
25	-	D9	-	D4	-	-	-	-	-	-	-	-
26	-	D10	-	D5	-	-	-	-	-	-	-	-
27	-	D11	-	D6	-	-	-	-	-	-	-	-
28	-	D12	-	D7	-	-	-	-	-	-	-	-
29	-	D2	-	-	-	-	-	(-)	-	-	-	-

Berdasarkan Tabel 1 dapat dijelaskan bahwa (i) sejumlah perangkat elektronika terpasang pada sistem *client* untuk pengukuran tegangan sel baterai, (ii) keberadaan LCD terpasang berfungsi untuk penampilan nilai tegangan setiap sel baterai untuk kemudahan pemantauan anomali pada baterai, (iii) pengukuran nilai tegangan sel baterai dilakukan melalui *input* pada *Analog to Digital Converter* (ADC) pada sistem *client* sehingga data analog dikonversi secara otomatis oleh sistem *client* menjadi data digital seperti penelitian sebelumnya, (iv) data hasil

pengukuran tegangan sel baterai oleh sistem *client* dikirim ke sistem *server* yang terkoneksi pada porta untuk *Serial Data* (SDA) dan porta untuk *Serial Clock* (SCL) seperti penelitian sebelumnya, dan (v) untuk kondisi ketika tegangan sel baterai dikurang dari standar (tegangan < 1 volt), maka sistem *client* kirim data ke sistem *server* untuk *trigger* penggerak *buzzer*.

Pengawatan terintegrasi sistem *client* dan *server*, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengawatan terintegrasi sistem *client* dan *server*

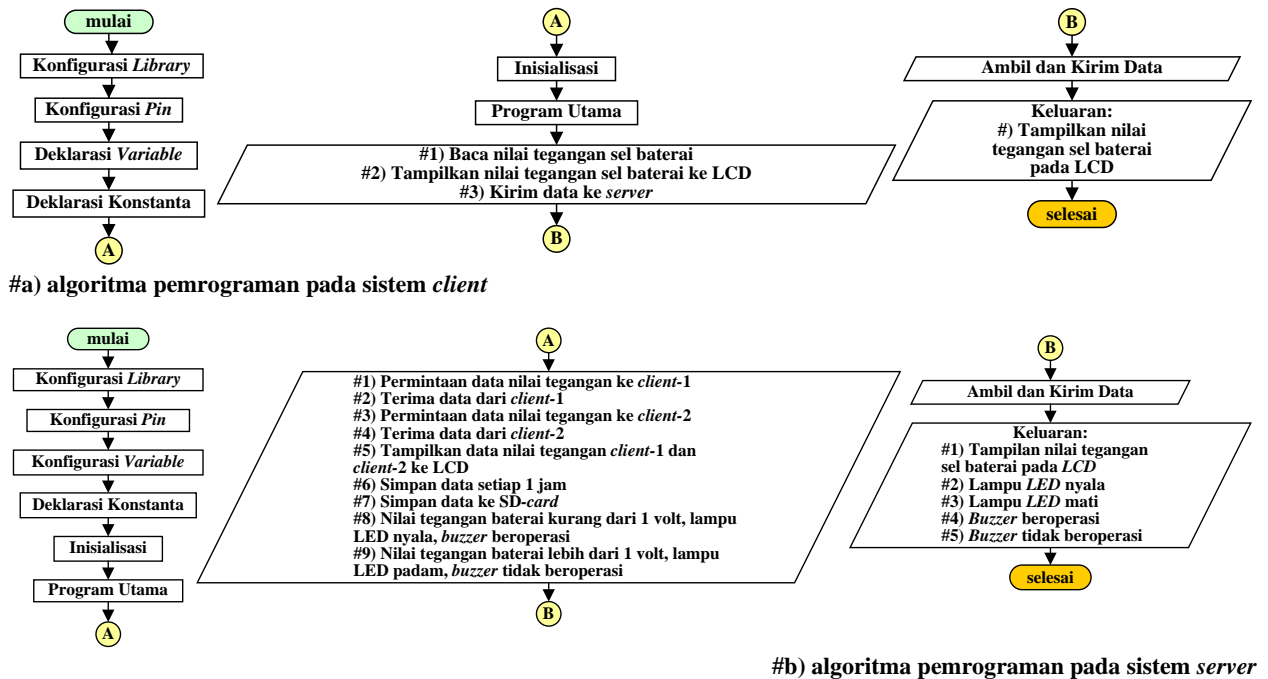
Berdasarkan Gambar 4 dapat dijelaskan bahwa pengawatan terintegrasi pada purwarupa perangkat tertanam untuk keterhubungan sistem *client* dan *server*,

Pemrograman untuk mikrokontroler dan smartphone

Pemrograman pada purwarupa perangkat tertanam pemantau dan pengukur nilai tegangan sel baterai secara *real-time* berbasis IoT difungsikan untuk mekanisme pengoperasian purwarupa sistem agar dapat beroperasi sesuai dengan prinsip operasi. Masukan ke sistem

mikrokontroler berupa nilai tegangan, selanjutnya diolah sistem berdasarkan pemrograman dengan keluaran berupa data digital tertampilkan dan kondisi *alarm*. Tahapan-tahapan pada pemrograman berbasis Arduino IDE, yaitu (i) penyediaan *raw file* Arduino IDE untuk dipasang pada PC, (ii) penentuan algoritma dan penulisan sintaks berbasis Arduino IDE, (iii) proses *compiling* struktur sintaks program pada *window* Arduino IDE di PC, dan (iv) *uploading* struktur sintaks dari PC ke sistem mikrokontroler.

Algoritma pemrograman sistem *client* dan *server*, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Algoritma pemrograman sistem *client* dan *server*

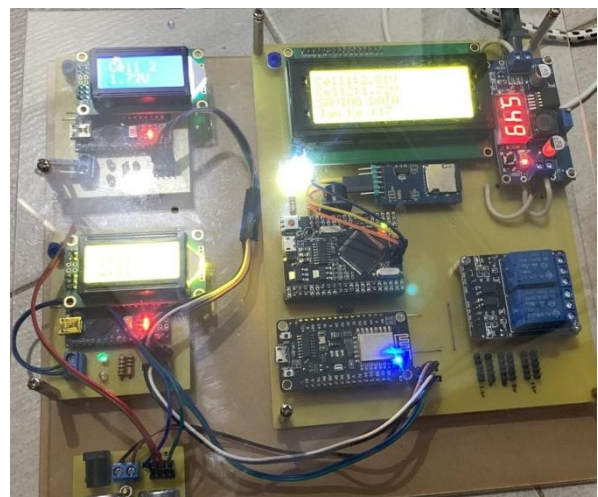
Berdasarkan Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa pemrograman terhadap mikrokontroler dilakukan sesuai konsepsi tahapan pemrograman yang telah diimplementasikan pada sejumlah penelitian pada artikel sebelumnya dan sejenis. Penulisan sintaks didasarkan kepada hasil penetapan algoritma yang meliputi konfigurasi *library*, konfigurasi *pin*, deklarasi *variable*, deklarasi konstanta, inisialisasi, program utama, ambil dan kirim data, dan keluaran. Keberadaan struktur sintaks program difinalisasi dengan proses *compiling* pada *window* Arduino IDE di PC dan diakhiri dengan proses *uploading* struktur sintaks program dari PC ke modul Arduino berbantuan kabel USB.

Pemenuhan kebutuhan untuk *monitoring* setiap nilai tegangan sel baterai, diperlukan aplikasi Blynk IoT dengan tahapan pemasangan aplikasi pada *smartphone*. Aplikasi Blynk IoT diunduh melalui *Playstore*, diikuti pembuatan akun, dan *setup* aplikasi terhadap keberadaan prototipe sistem.

Kinerja Purwarupa Perangkat Tertanam

Kinerja prototipe sistem pemantau dan pengukur nilai tegangan sistem dan sel baterai secara real-time berbasis IoT dilakukan berdasarkan (i) pengukuran nilai tegangan setiap sel baterai dan tertampilan tertampilan pada LCD dan layar *smartphone* dan (ii) pengukuran kinerja terhadap

penetapan setting untuk kondisi alarm saat terjadi penurunan nilai tegangan sel baterai. Tampilan fisis sistem *client* dan *server* saat dioperasikan, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.



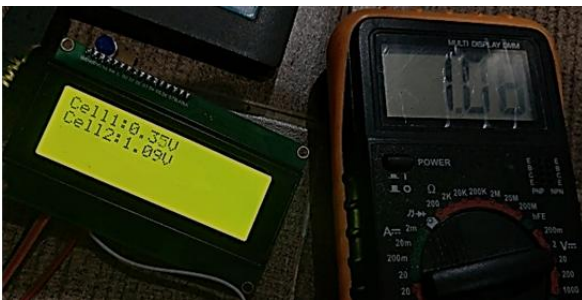
Gambar 6. Tampilan fisis sistem *client* dan *server* saat dioperasikan

Berdasarkan Gambar 6 dapat dijelaskan bahwa purwarupa perangkat tertanam telah siap dioperasikan untuk dilakukan pengukuran kinerja-nya.

Nilai tegangan setiap sel baterai

Hasil pengukuran kinerja pertama prototipe sistem, yaitu nilai tegangan sel baterai

terukur dan ditampilkan pada LCD dan smartphone dibandingkan terhadap hasil pengukuran nilai tegangan sel baterai berdasarkan penunjukan pada alat ukur. Upaya perbandingan nilai tersebut, digunakan untuk validasi terhadap kinerja prototipe sistem berupa hasil pengukuran seperti cara dan proses pada penelitian sebelumnya. Tampilan nilai tegangan sel baterai #1 dan #2 hasil pengukuran prototipe sistem yang ditampilkan pada LCD dan hasil pengukuran pada multimeter, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan nilai tegangan sel baterai #1 dan #2 hasil pengukuran prototipe sistem yang ditampilkan pada LCD dan hasil pengukuran pada multimeter

Berdasarkan Gambar 7 dapat dijelaskan bahwa nilai tegangan sel baterai #1 tertampilkan sebesar 0,35 volt dan sel baterai #2 tertampilkan sebesar 1,09 volt. Nilai tegangan sel baterai #2 telah terkonformasi oleh hasil pengukuran berbantuan alat ukur multimeter sehingga data hasil pengukuran tegangan sel baterai #2 pada prototipe sistem telah tervalidasi.

Tampilan nilai tegangan sel baterai #1 dan #2 pada layar smartphone, seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



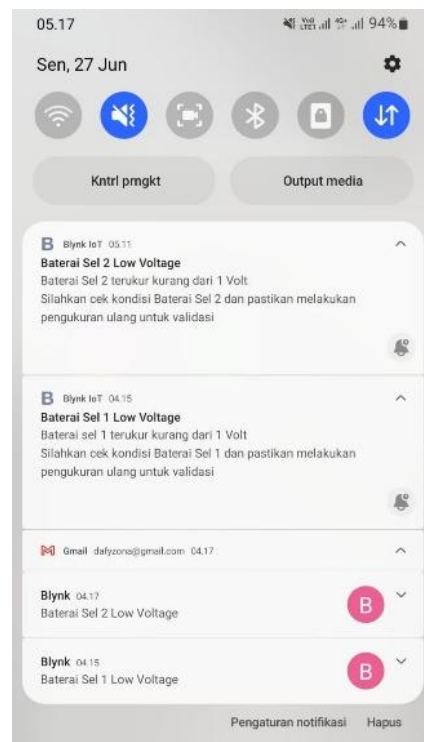
Gambar 8. Tampilan nilai tegangan sel baterai #1 dan #2 pada layar smartphone

Berdasarkan Gambar 8 dapat dijelaskan bahwa hasil pengukuran kinerja prototipe sistem berupa tampilan nilai tegangan sel baterai #1 sebesar 1,27 volt dan sel baterai #2 sebesar 1,15 volt pada layar smartphone. Keberhasilan pemantauan dan pengukuran nilai tegangan sel tertampilkan pada layar smartphone sebagai bukti bahwa kinerja

prototipe sistem berbantuan IoT sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Tanggapan terhadap setting untuk kondisi alarm saat terjadi penurunan nilai tegangan sel baterai

Hasil pengukuran kinerja pada prototipe sistem berupa tanggapan terhadap hasil penetapan setting untuk kondisi alarm apabila terjadi penurunan nilai tegangan sel baterai. Setting untuk kondisi alarm pada prototipe sistem ditetapkan nilai sebesar kurang dari 1 volt (tegangan < 1 volt) untuk setiap sel baterai. Untuk kondisi dimana terjadi nilai tegangan sel baterai terukur kurang dari 1 volt, maka buzzer beroperasi, lampu LED menyala, dan aplikasi Blynk IoT kirim notifikasi ke smartphone dan alamat e-mail. Tampilan notifikasi terjadi kondisi low voltage pada sel baterai dan tertampilkan pada layar smartphone, seperti ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan notifikasi terjadi kondisi low voltage pada sel baterai dan tertampilkan pada layar smartphone

Berdasarkan Gambar 9 dapat dijelaskan bahwa ketika terdapat nilai tegangan sel baterai terukur kurang dari 1 volt, maka aplikasi Blynk IoT kirim notifikasi pada smartphone dan alamat e-mail tujuan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan kepada hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sesuai sasaran penelitian. Keterwujudan prototipe sistem pemantau dan pengukur tegangan baterai secara *real-time* berbasis IoT dilakukan, melalui (i) rancang bangun prototipe dan (ii) pengukuran kinerja prototipe. Rancang bangun prototipe diperoleh melalui pembuatan *motherboard*, perakitan dan pengawatan sistem *client* dan *server*, dan pemrograman mikrokontroler berbasis Arduino IDE dan *smartphone* dengan aplikasi Blynk IoT. Pemrograman mikrokontroler berbasis Arduino IDE dengan penahapan: i) penyediaan *raw file* Arduino IDE, ii) penentuan algoritma dan penulisan sintaks, dan iii) *compiling* dan *uploading* struktur sintaks dari PC ke modul Arduino berbantuan kabel USB; sedangkan tahapan pemrograman terhadap *smartphone* berbantuan aplikasi Blynk IoT, meliputi i) pemasangan aplikasi Blynk IoT pada *smartphone* melalui pengunduhan pada *Playstore*, ii) pembuatan akun aplikasi Blynk IoT; dan iii) *setup* aplikasi dengan perangkat prototipe.

Pengukuran kinerja prototipe sistem pemantauan dan pengukuran nilai tegangan sistem dan sel baterai secara *real-time* berbasis IoT, meliputi i) pembacaan tegangan setiap sel baterai ditampilkan dan ii) pengujian pada *setting* terhadap kondisi *alarm* saat terjadi penurunan nilai tegangan sel baterai. Pembacaan tegangan setiap sel baterai ditampilkan, dilakukan dengan perbandingan nilai tegangan baterai terukur oleh prototipe tertampil pada LCD dan *smartphone* dengan nilai pengukuran tegangan keluaran baterai berbantuan alat ukur multimeter. Perbandingan digunakan untuk validasi data hasil pengukuran perangkat prototipe. Pengujian pada *setting* terhadap kondisi *alarm* saat terjadi penurunan nilai tegangan sel baterai berdasarkan penyetelan pada perangkat prototipe, yaitu ketika tegangan baterai terukur kurang dari 1 volt, maka *buzzer* beroperasi, lampu LED nyala, dan aplikasi Blynk IoT kirim notifikasi pada *smartphone* dan ke alamat *e-mail*.

Saran

Penyampaian saran untuk penelitian sejenis yang berkaitan dengan pemanfaatan

mikrokontroler atau pengontrol lain untuk sebuah prototype sistem pemantauan (*monitoring*) berbasis IoT di masa mendatang, yaitu penciptaan salah satu unit sistem *monitoring* dengan fitur *record* data secara *online* (dalam jaringan, daring) berbasis *database* yang dapat diakses ke *smartphone* dan PC. Perangkat untuk *monitoring* sebuah sistem diharapkan dapat saling diintegrasikan. Semua perangkat keras dan lunak harus dipilih dengan harga murah dan mudah diperoleh, bersifat *open source*, dan sangat *user friendly*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sianturi, R., 2019. Volt Baterai and Cell Monitoring (VBCM). *Paper PT PLN (Persero) UITJBT UPT Bogor*, ed 8, pp. 01-15. Bogor: PT PLN (Persero) UITJBT UPT Bogor.
- [2] Suparman, R., Hamdani, H., and Subarjo, A., "Analisis Uji Kapasitas Baterai pada Gardu Induk 150 kV di Bantaeng New," *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, 2021.
- [3] Zachari, Z., Purwanto, E., and Nugraha, S.D., "Rancang Bangun Battery Charger Cc-Cv dengan Forward Converter," *Power Elektronik: Jurnal Orang Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 16-20, 2022.
- [4] Mude, A., and Mando, L.B.F., "Implementasi Keamanan Rumah Cerdas Menggunakan Internet of Things dan Biometric Sistem," *MATRIK: Jurnal Manajemen, Teknik Informatika dan Rekayasa Komputer*, vol. 21, no. 1, pp. 179-188, 2021.
- [5] Gupta, A.K., and Johari, R., "IOT based electrical device surveillance and control system," *Proceeding of 2019 4th international conference on internet of things: Smart innovation and usages (IoT-SIU)*. IEEE, 2019.
- [6] Hakim, L., Kristanto, S.P., and Dinan, F.B., "Sistem Monitoring Faktor Daya Berbasis Internet of Things dan Android," *Techno. Com*, vol. 21, no. 2, pp. 364-377, 2022.
- [7] Adam, B.B., Hilda., and Priyatman, H., "Sistem Real-time Monitoring Transformator Distribusi Berbasis Internet of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, pp. 1-6, 2019.

- [8] Hapsari, A.W., Prastowo, H., and Pitana, T., "Real-Time Fuel Consumption Monitoring System Integrated With Internet Of Things (IOT)," *KAPAL: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 18, no. 2, pp. 88-100, 2021.
- [9] Nistor, A., and Zadobrischi, E., 2022. Analysis and Estimation of Economic Influence of IoT and Telecommunication in Regional Media Based on Evolution and Electronic Markets in Romania," *Telecom*, MDPI vol. 3, no. 1, pp. 195-217, 2022.
- [10] Chegini, H., Naha, R.K., Mahanti, A., and Thulasiraman, P., "Process automation in an IoT-fog-cloud ecosystem: A survey and taxonomy," *IoT*, vol. 2, no. 1, pp. 92-118, 2021.
- [11] Atwa, O.S.E., 2019. *Practical power system and protective relays commissioning*. London: Academic Press.
- [12] Aminullah, M.Y., "Penggantian Batterie 110 V Unit 1 GI Jekulo," *Laporan Pelaksanaan on the Job Training Prajabatan Tingkat SMK-Jalur Pelaksana*, ed 14, pp. 1-34, 2018. Pati: PT PLN (Persero) UITJBT.
- [13] IEEE Spectrum, "Chip Hall of Fame: Microchip Technology PIC 16C84 Microcontroller: Adding easily reprogrammable onboard memory to store software revolutionized microcontroller," *History of Technology*, 2017.
- [14] Prayitno, B., and Palupiningsih, P., "Prototipe Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Peralatan Elektronik Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *Petir*, vol. 12, no. 1, pp. 72-80, 2019.
- [15] Prayudyanto, M.N., Goeritno, A., Al Ikhsan, S.H., and Taqwa, F.M.L., "esigning a Model of the Early Warning System on the Road Curvature to Prevent the Traffic Accidents," *International Journal of Safety and Security Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 291-298, 2022.
- [16] Wahid, S.N., and Hartanto, A.D., "Sistem Monitoring Alarm Peringatan Banjir dan Fitur Motor Servo Untuk Buka Tutup Pintu Air Menggunakan Algoritma Background Subtraction," *Indonesian Journal of Technology, Informatics and Science (IJTIS)*, vol. 2, no. 2, pp. 60-66, 2021.
- [17] Dinata, S., "Perancangan Human Machine Interface Simulator Gardu Induk 150 kV," *EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control)*, vol. 1, no. 1, pp. 95-102, 2018.
- [18] Mustaqim, A.S., Kurnianto, D., and Syifa, F. T., "Implementasi Teknologi Internet of Things Pada Sistem Pemantauan Kebocoran Gas LPG dan Kebakaran Menggunakan Database Pada Google Firebase," *Elektron: Jurnal Ilmiah*, vol. 12, no. 1, pp. 34-40, 2020.
- [19] Hasan, N.K., "Rancang Bangun Sistem Monitoring Posisi Dan Kecepatan Kapal Secara Online Berbasis Mobile Android," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 8, no. 1, pp. 7-14, 2021.
- [20] Hasibuan, R.I., "Rancang Bangun Sistem Monitoring Output Panel Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega 8 dengan Menggunakan IOT," *Repositori Institusi Universitas Sumatera Utara*, pp. 1-75, 2021.
- [21] Guven, Y., Cosgun, E., Kocaoglu, S., Gezici, H., and Yilmazlar, E., "Understanding the concept of microcontroller based systems to choose the best hardware for applications," *Research Inventy: International Journal of Engineering and Science*, vol. 7, no. 9, pp. 38-44, 2017.
- [22] Sholehati, M.T., and Goeritno, A., "Sistem Minimum Berbasis Mikrokontroler ATmega2560 sebagai Sistem Pengaman pada Analogi Lemari Penyimpanan Brankas," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 14, no. 3, pp. 158-166, 2018.
- [23] Goeritno, A., and Afandi, M.Y., "Modul Elektronika Berbasis Mikrokontroler sebagai Sistem Pengaman pada Mobil Terintegrasi dengan Engine Immobilizer," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 15, no. 2, pp. 75-84, 2019.
- [24] Prakoso, B.A., Goeritno, A., and Prakosa, B.A., "Pemanfaatan Mikrokontroler AVR untuk Pengendalian Sejumlah Parameter Fisis pada Analogi Smartgreenhouse," *Jurnal Ilmiah SETRUM: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, vol. 9, no. 1, pp. 52-59, 2020.
- [25] Suhendri, S., and Goeritno, A., "Pemantauan energi listrik pada satu kWh-meter fase tunggal untuk empat kelompok beban berbasis metode payload data handling," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 14, no. 3, pp. 189-187, 2018.
- [26] Setyawibawa, I., and Goeritno, A., "Communication Interface Adapter Berbasis

- Mikrokontroler Arduino Terkendali Sinyal Dual Tone Multi Frequency,” *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 19-26, 2019.
- [27] Suhartono, D., and Goeritno, A., “Prototipe Sistem Berbasis Mikrokontroler untuk Pengkondisian Suhu pada Analogi Panel dengan Analogi Sistem Air Conditioning,” *Jurnal EECCIS*, vol. 13, no. 1, pp. 22-30, 2019.
- [28] Fazry, H.A., and Goeritno, A., “Sistem minimum dengan battery back-up berbasis mikrokontroler arduino untuk pengoperasian incubator,” *Jurnal Ilmiah SETRUM: Sistem Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, vol. 9, no. 2, pp. 1-13, 2020.
- [29] Hardian, L., and Goeritno, A., “Pabrikasi Unit Kontrol Berbasis Web pada Smarthome System untuk Pengoperasian Pintu Gerbang,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 1, pp. 163-173, 2021.
- [30] Darussalam, D., and Goeritno, A., “Pemanfaatan RFID, loadcell, dan sensor infrared untuk miniatur penukaran botol plastik bekas,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 281-291, 2021.
- [31] Goeritno, A., and Hendryan, F., “Monitoring dan kendali tegangan jaringan listrik fase-tiga melalui smartphone,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 6, no. 1, pp. 32-40, 2022.
- [32] Fauji, A., Goeritno, A., Hardian, L., and Prakoso, B.A., “Embedded Device pada Smarthome System Berbasis IoT untuk Pengoperasian Pintu Gerbang Terkendali melalui Smartphone,” *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 18, no. 1, pp. 1-12, 2022.
- [33] Goeritno, A., Hendryan, F., and Ritzkal, R., “Pengendalian Lampu Pijar pada Analogi Instalasi Listrik Fase-tiga melalui Smartphone Berbasis Android Berbantuan Jaringan Wi-Fi,” *Jurnal Ilmiah SETRUM: Sistem-Kendali-Tenaga-Elektronika-Telekomunikasi-Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 274-286, 2019.
- [34] Nasyarudin, A.F., Ritzkal, R., and Goeritno, A., “Prototipe Perangkat untuk Pemantauan dan Pengendalian Berbasis Web Diiintegrasikan ke Smarthome System,” *Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems (IJEIS)*, vol. 10, no. 2, pp. 167-178, 2020.
- [35] Goeritno, A., and Herutama, Y., “Prototipe Sistem Elektronis Berbantuan PC untuk Pemantauan Kondisi Pasokan Daya Listrik,” *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 14, no. 2, pp. 96-104, 2018.
- [36] Media’S, E., Syufrijal, and Rif’an, M., “Internet of Things (IoT): BLYNK Framework for Smart Home,” *KnE Social Sciences*, vol. 3, no. 12, pp. 579–586, 2019.
- [37] Goeritno, A., Nurmansyah, D., and Maswan, M., “Safety instrumented systems to investigate the system of instrumentation and process control on the steam purification system,” *International Journal of Science and Engineering*, vol. 10, no. 5, pp. 609–616, 2020.
- [38] Goeritno, A., Nugraha, I., Rasiman, S., and Johan, A., “Injection Current into the Power Transformer as an Internal Fault Phenomena for Measuring the Differential Relay Performance,” *Instrumentation Measure Métrologie*, vol. 19, no. 6, pp. 443-451, 2020.
- [39] Goeritno, A., Setyawibawa, I., and Suhartono, D., “Designing a microcontroller-based half-duplex interface device drove by the touch-tone signal,” *JURNAL INFOTEL*, vol. 13, no. 4, pp. 205-215, 2021.
- [40] Goeritno, A., and Setyawibawa, I., “An Electronic device reviewed by diagnosing on the modules embodiment,” *International Journal of Electronics and Communications Systems (IJECS)*, vol. 1, no. 2, pp. 1-15, 2021.

