

# Prototipe Alat Monitoring Suhu dan Kelembapan Ruang Baterai pada Gardu Induk dengan Perangkat IoT

Adinda Rahma Satya Meunasah<sup>1</sup>, Arief Rahmadani<sup>2</sup>

[Submission: 04-10-2024, Accepted: 25-11-2024]

**Abstract**—The battery room is always maintained at a certain temperature and humidity level to prevent the batteries from degrading due to high temperatures and poor air circulation. The aim of this study is to develop a system for monitoring and controlling the temperature and humidity in the battery room, ensuring the reliability of the power supply. The method used includes designing the mechanical and electrical prototype system and developing the controller program, followed by testing the entire system. The system consists of an STM32F103C8T6 microcontroller using a DHT-22 sensor to measure the temperature and humidity in the battery room, a voltage sensor to measure the battery voltage, and an *exhaust fan*. The test results showed a temperature measurement error of 0.2%, a humidity error of 4.04%, and an average battery voltage error of 0.5%. The *exhaust fan* operates with a duty cycle control that generates input voltages of 29.8 V, 34.88 V, and 42.88 V, which align with the standard temperature and humidity values in the battery room.

**Keyword**—Battery Room; Internet of Things; *Exhaust fan*; Temperature; Humidity

**Intisari**—Ruangan baterai selalu dijaga tingkat suhu dan kelembapannya agar baterai yang berada didalamnya tidak mengalami degradasi akibat suhu yang tinggi dan sirkulasi udara yang kurang baik. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang sebuah sistem yang mampu memantau dan mengontrol suhu serta kelembapan di ruang baterai. Metode yang digunakan yaitu merancang desain mekanik serta elektrik prototipe sistem dan membuat program kontroler, hingga pengujian keseluruhan sistem. Sistem terdiri dari mikrokontroler STM32F103C8T6 dengan menggunakan sensor DHT-22 untuk mengetahui besar suhu dan kelembapan pada ruangan baterai, sensor tegangan untuk mengukur tegangan baterai dan *exhaust fan*. Hasil pengujian tingkat akurasi error pengukuran nilai suhu sebesar 0,2%, kelembapan sebesar 4,04%, serta tegangan total baterai yang tersimpan dengan rata-rata error 0,5%. *Exhaust fan* mampu berputar dengan pengaturan duty cycle yang menghasilkan nilai tegangan input sebesar 29.8 V ; 34.88 ; dan 42.88 V, nilai tersebut menyesuaikan dengan standar nilai suhu dan kelembapan didalam ruangan baterai.

**Kata Kunci**— Ruang Baterai; Internet of Things; *Exhaust fan*; Suhu; Kelembapan

## I. PENDAHULUAN

Sistem tenaga listrik yang ada di Indonesia melalui tiga tahapan yakni tahap pembangkitan di mana energi listrik dihasilkan yang kemudian disalurkan melalui jaringan

transmisi dan didistribusikan ke pelanggan. Pada jaringan transmisi tenaga listrik, terdapat gardu induk yang terdiri dari berbagai peralatan yang dipasang di lokasi tertentu untuk menerima dan mendistribusikan tenaga listrik [1]. Gardu ini berfungsi menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan tingkat tegangan operasionalnya, melakukan switching pada rangkaian sistem tenaga listrik, serta menyediakan sistem proteksi guna mendukung keandalan sistem tenaga listrik tersebut [2]. Peralatan proteksi sistem transmisi mendapat suplai DC (*direct current*) dari baterai yang terdapat pada gardu induk. Baterai ini berfungsi sebagai sumber daya cadangan untuk menjaga kontinuitas pasokan listrik jika terjadi pemadaman atau gangguan pada sistem kelistrikan [3]. Baterai cadangan ini biasanya digunakan untuk mendukung sistem kontrol, penerangan, dan kebutuhan listrik penting lainnya di gardu induk [4]. Pemeliharaan instalasi sistem DC di gardu induk dilakukan untuk memastikan rangkaian rectifier dan baterai beroperasi sesuai dengan spesifikasinya, sehingga diharapkan sistem DC dapat memiliki keandalan yang optimal [5].

Salah satunya adalah pemeliharaan ruang baterai, yang mana intensitas kelembapan dan sirkulasi udara tetap dijaga, agar gas-gas yang bersifat eksplosif seperti hidrogen dan oksigen yang merupakan hasil reaksi kimia baterai dapat terbuang keluar ruangan [6][7]. Selain itu, pada ruang baterai juga dilakukan inspeksi harian guna mencatat suhu dan memeriksa kelembapan udara yang terdapat pada ruangan baterai tersebut [8], agar sirkulasi udara ruang baterai berada didalamnya tidak mengalami degradasi [9] dan sistem penyaluran tenaga listrik tetap terjaga keandalannya. Salah satu cara untuk menjaga sirkulasi udara, suhu dan temperatur suatu ruangan dan objek dapat menggunakan kipas pendingin atau *exhaust fan* [10] dengan mengatur kecepatan *exhaust fan* agar sesuai dengan pembacaan suhu serta kelembapan ruang [11].

Penelitian ini bertujuan untuk mempermudah petugas dalam melakukan inspeksi harian, meminimalisir kerusakan baterai yang terdapat pada ruang baterai karena suhu yang terlalu tinggi, meminimalisir terjadinya ledakan baterai akibat gas eksplosif hasil reaksi kimia baterai akibat sirkulasi udara yang kurang baik [12]. Penulis merancang suatu sistem pemantauan jarak jauh yang berisi data suhu ruang, kelembapan ruang serta tegangan keluaran baterai, sehingga petugas tidak perlu datang ke ruang baterai pada gardu induk untuk mencatat suhu serta kelembapan pada ruangan tersebut. Dengan demikian, penyaluran tenaga listrik di sisi transmisi tetap terjaga keandalannya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

p-ISSN:1693 – 2951; e-ISSN: 2503-2372

<sup>1,2</sup> Pegawai, PT.PLN (Persero), Jalan Trunojoyo Blok M – I No 135 Kebayoran Baru, Jakarta 12160, Indonesia (e-mail: [adindarsm@gmail.com](mailto:adindarsm@gmail.com) ; [arief.rahmadani@pln.co.id](mailto:arief.rahmadani@pln.co.id) )



A. Ruang Baterai

Baterai harus memiliki sirkulasi udara yang baik jika ditempatkan di ruangan tertutup. Dalam situasi ini, kondisi ventilasi harus ideal untuk membuang gas mudah terbakar yang berasal dari reaksi kimia antara hidrogen dan oksigen yang terjadi pada baterai [13]. Standar DIN 0510 dan SK DIR PLN 520 menyatakan bahwa baterai asam tidak boleh disimpan pada suhu ruangan di atas 38°C, sedangkan baterai alkaline tidak boleh disimpan di atas 40°C. Untuk kelembapan ruang baterai sendiri tidak boleh melebihi 70% [14].



Tabel 3-1 In Service Inspection Pada Rectifier Dan Baterai

No	Uraian	Standar/Acuan	Peralatan
1	Suhu dalam Panel Rectifier	Max 45°C	Thermometer
2	Kelembaban ruangan	< 70%	Hygrometer
3	Pemeriksaan kebersihan panel rectifier harian luar	Bersih, kering tidak berlelehu	Visual

Gambar 1: Ruang Baterai Gardu Induk dan Standar yang Berlaku

B. Exhaust fan

Exhaust fan merupakan kipas yang digunakan mengatur atau mengontrol sirkulasi udara di dalam ruangan yang tertutup atau di dalam rumah. Cara kerja exhaust fan bekerja dengan cara menghisap udara yang ada didalam ruang untuk dibuang keluar ruangan dan pada saat yang bersamaan exhaust fan akan menarik udara segar diluar kedalam ruangan. Volume yang akan disirkulasikan di ruangan dapat diatur oleh exhaust fan sehingga dapat mengurangi kelembapan udara ruangan, serta dapat membuang udara panas yang ada di dalam ruangan [15].



Gambar 2: Exhaust fan Ruangannya

C. Sensor Suhu dan Kelembapan (DHT-22)

DHT-22 merupakan salah satu jenis sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu relatif dan kelembapan yang ada pada suatu ruangan. Sensor ini menggunakan kapasitor dan thermistor untuk mengukur udara yang ada disekitarnya serta keluaran sinyal pada pin data. Dari beberapa hasil

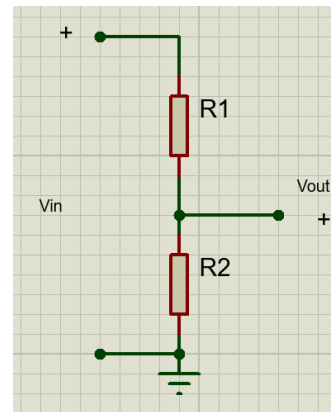
penelitian sensor DHT-22 memiliki nilai akurasi hasil lebih baik dibandingkan dengan sensor DHT11. Sensor ini memiliki rentang pengukuran dan kelembapan yang luas serta memiliki kalibrasi akurat dengan rentan nilai suhu -40 sampai 80°C pembacaan suhu ± 0,5 °C [16].



Gambar 3: Sensor DHT-22

D. Sensor Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan berfungsi sebagai sensor tegangan untuk mendeteksi tegangan DC yang merupakan besaran analog dan untuk membaca tegangan analog yang dapat diterima oleh pin mikrokontroler pada tegangan 5V DC. Ini juga digunakan untuk mengukur tegangan pada baterai yang akan diukur lebih dari 5V.



Gambar 4: Sensor Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan memiliki dua resistor (R1 dan R2) yang dikonfigurasi secara seri dan kemudian dihubungkan secara paralel dengan sumber tegangan yang ditujukan untuk pengukuran. Tegangan keluaran pada R2 diatur menjadi 3,3V untuk menyuplai ADC pada mikrokontroler [17]. Persamaan yang digunakan untuk menghitung tegangan keluaran adalah (1).

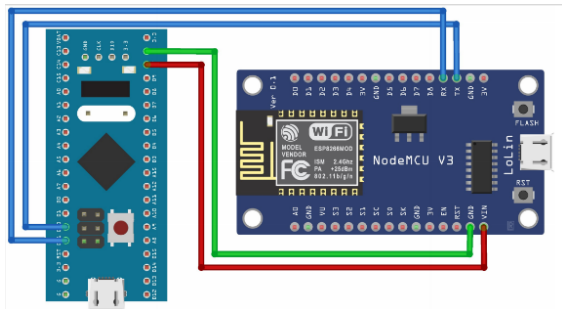
$$V_{out} = \frac{R_2}{(R_1+R_2)} \times V_{in} \tag{1}$$

E. NodeMCU ESP8266

Modul NodeMCU ESP8266 adalah platform open-source berbasis mikrokontroler ESP8266 yang dirancang untuk pengembangan aplikasi Internet of Things (IoT) [18]. Modul ini menggabungkan mikrokontroler dengan kemampuan Wi-Fi terintegrasi, memungkinkan perangkat untuk terhubung ke internet tanpa memerlukan modul Wi-Fi tambahan. NodeMCU dilengkapi dengan beberapa pin GPIO yang

memungkinkan koneksi ke sensor, relay, dan perangkat lain, untuk membaca atau mengontrol perangkat eksternal [19][20].

kelembapan ruang baterai berdasarkan data yang tertera pada website tersebut.



Gambar 6: Modul NodeMCU ESP8266

### F. Boost Converter

Jenis konverter daya DC yang dikenal sebagai boost converter berfungsi untuk meningkatkan tegangan input menjadi tegangan output yang lebih besar. Cara kerjanya melibatkan penyimpanan energi dalam induktor saat saklar aktif, dan kemudian melepaskan energi tersebut ke beban saat saklar mati, menghasilkan tegangan yang lebih tinggi pada output. Komponen utama dari boost converter meliputi induktor, dioda, saklar MOSFET, dan kapasitor [21].



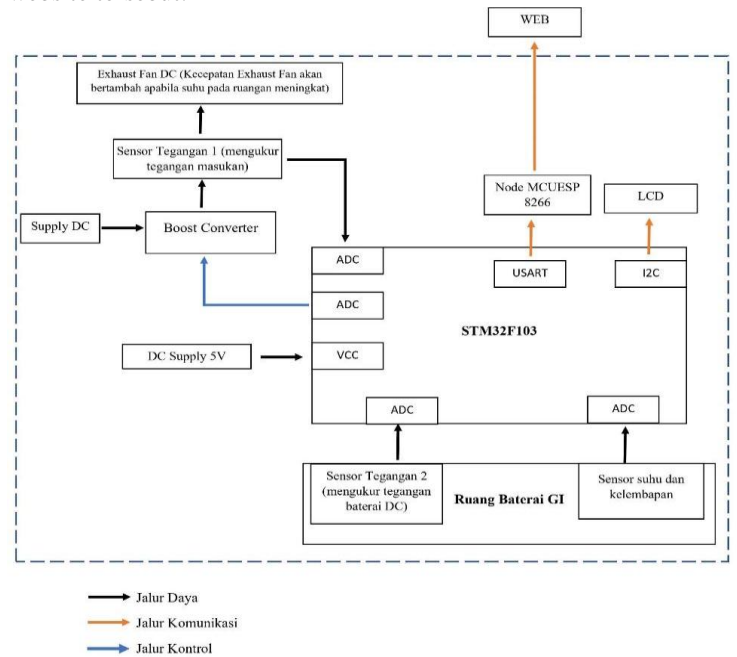
Gambar 7: Modul Boost Converter

## III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang dilakukan yaitu dimulai dari proses literatur review, perencanaan sistem, pembuatan desain mekanik dan serta elektrik prototipe sistem (hardware) dan membuat program kontroler atau perangkat lunak (software), hingga pengujian sistem secara parsial dan pengujian integrasi keseluruhan sistem

### A. Diagram Blok Sistem

Sistem pada penelitian ini berfungsi untuk memonitoring suhu dan kelembapan ruang baterai, serta tegangan baterai yang terdapat pada gardu induk. Hasil dari pembacaan sensor tersebut akan ditampilkan melalui website sehingga para pekerja tidak perlu datang ke ruang baterai untuk melakukan inspeksi harian, melainkan dapat mencatat suhu dan



Gambar 8: Diagram Blok Sistem

Dari gambar 8 diatas mengenai blok diagram, dapat dilihat bahwa sensor suhu dan kelembapan akan mengukur suhu dan kelembapan yang ada pada ruang baterai. Pada penelitian ini, sensor suhu dan kelembapan yang digunakan adalah DHT-22. Selain itu, terdapat sensor tegangan baterai DC yang ada pada ruangan baterai. Kecepatan *exhaust fan* yang berada di dalam ruangan akan bertambah kecepatannya seiring dengan naiknya suhu pada ruangan tersebut. Apabila suhu yang terdapat pada ruangan tersebut semakin tinggi, maka kecepatan *exhaust fan* akan berputar lebih cepat. Hal tersebut diatur dengan menggunakan boost converter yang akan merubah tegangan masuk pada *exhaust fan* dengan pengaturan sudut penyulutannya pada mikrokontroler sehingga akan memengaruhi kecepatan dari *exhaust fan* tersebut. Kemudian, hasil pengukuran kedua sensor tersebut akan diproses melalui mikrokontroler, yang mana hasil pengukuran suhu dan kelembapan tersebut akan ditampilkan pada website.

Selanjutnya pada gambar 9 dibawah mengenai *flowchart* sistem, dapat dilihat bahwa sistem memiliki 3 tingkat kecepatan sesuai dengan suhunya. Apabila suhu ruangan baterai kurang dari sama dengan 26°C maka *exhaust fan* akan berada pada tingkat kecepatan pertama dengan tegangan input pada *exhaust fan* sebesar 30Vdc, kemudian apabila suhu ruangan baterai adalah kurang dari sama dengan 33°C maka *exhaust fan* akan berputar lebih cepat dan memiliki tingkat kecepatan kedua dengan tegangan input pada *exhaust fan* sebesar 35Vdc. Sedangkan apabila suhu yang terdapat didalam ruang baterai yakni diatas 33°C maka *exhaust fan* akan berputar dengan tingkat kecepatan ketiga dengan



tegangan input pada *exhaust fan* sebesar 42Vdc. Terdapat sensor tegangan DC pada konverter untuk melihat kembali apakah tegangan masuk pada *exhaust fan* sudah sesuai dengan perancangan atau tidak, apabila tidak maka sistem akan menyesuaikan kembali tegangan yang masuk pada *exhaust fan*.

Adapun *exhaust fan* yang akan digunakan pada penelitian kali ini adalah *exhaust fan* EBM-Papst DV 6248 dengan spesifikasi yang diuraikan dalam tabel 1.

TABEL I  
SPESIFIKASI EXHAUST FAN

Keterangan	Exhaust fan EBM-Papst DV 6248
Tegangan	48 V
Daya	40 W
Kecepatan Motor	4300 RPM
Volume Udara	540 m <sup>3</sup> /h
Temperatur Maksimum Operasi	75°C
Temperatur Minimum Operasi	-4°C
Ukuran	150mm x 171.5mm x 50.8mm
Tipe Bearing	Ball

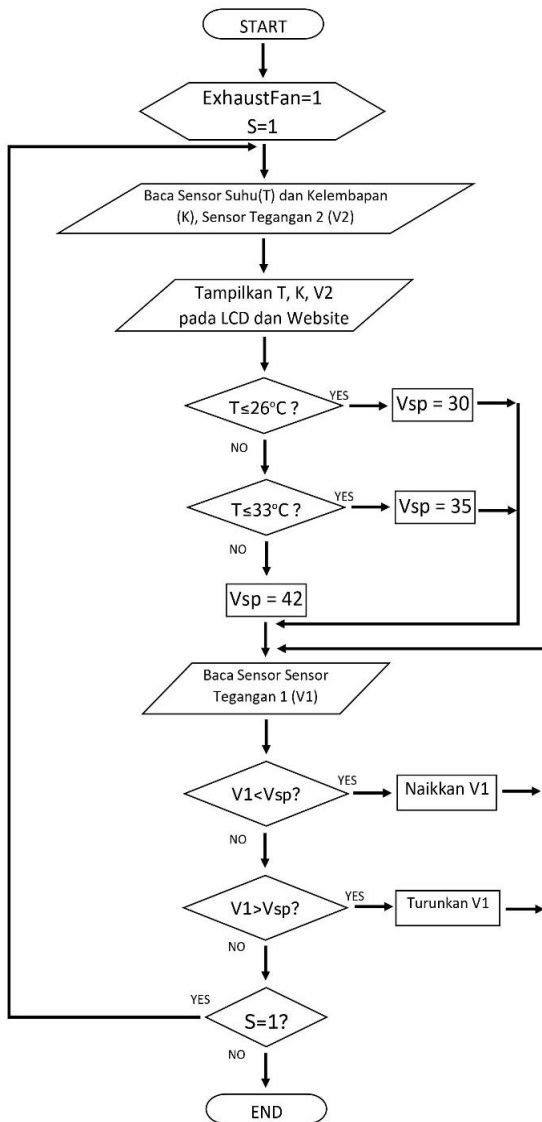
Pengaturan kecepatan putaran *exhaust fan* pada penelitian ini menggunakan rangkaian boost converter. Boost converter berfungsi untuk mengatur tegangan input yang masuk pada *exhaust fan* seiring dengan bertambahnya suhu pada ruangan sehingga mampu membuat kecepatan *exhaust fan* didalam ruangan semakin cepat. Apabila suhu yang terdapat pada ruangan semakin tinggi maka tegangan input yang masuk didalam *exhaust fan* semakin besar pula. Berikut merupakan perhitungan duty cycle untuk tegangan pada boost converter (2).

$$V_o = \frac{V_s}{(1-D)} \tag{2}$$

Dari persamaan diatas, maka didapatkan nilai duty cycle untuk pengaturan tegangan dari nilai 30 V, 35 V dan 42 V yang ditunjukkan pada tabel 2.

TABEL II  
HASIL PERHITUNGAN NILAI DUTY CYCLE

Tegangan (V)	Duty Cycle
30	0.6
35	0.66
42	0.7



Gambar 9: Flowchart Sistem

**B. Perencanaan Perangkat Hardware**

Sistem dibuat dengan menggunakan perangkat mikrokontroler tipe STM32F103C8T6, yang berfungsi sebagai pusat kendali sistem untuk, mengendalikan motor *exhaust fan*, menerima dan mengirimkan nilai data monitoring dari sensor suhu dan kelembapan DHT-22 serta sensor tegangan. Keseluruhan komponen tersebut dibangun menjadi satu, menjadi rangkaian PCB (Printed Circuit Board).

Selanjutnya terdapat komponen inti lainnya yang berada diluar papan board mikrokontroler, yaitu baterai dan *exhaust fan*. Baterai yang digunakan pada Gardu Induk adalah baterai sel basah dengan kapasitas total 100Ah serta tegangan total sebesar 48V. Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah prototipe dari baterai gardu induk yang sudah ada. Prototipe baterai yang dimaksud adalah baterai sel basah dengan tegangan total 48V serta kapasitas total 5% (48V 5Ah).

**IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian parsial dan pengujian integrasi pada seluruh sistem yang telah dikembangkan. Pengujian sistem dilakukan pada ruang uji yang memiliki ukuran sebesar 2.25 m x 2 m dengan luas 4.5 m<sup>2</sup>, sebagai pengganti ruang baterai di gardu induk. Pada gambar 10 dibawah merupakan tampilan prototipe sistem alat yang telah dibuat,





Gambar 10: Prototipe Alat Sistem Monitoring

### A. Pengujian Parsial

Pengujian Parsial merupakan pengujian yang dilakukan secara terpisah antara masing-masing sub alat serta membandingkan pembacaan nilai pada sistem dengan alat ukur. Beberapa pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian pada sensor DHT-22 dan pengukuran tegangan pada baterai. Data pengujian parsial mengenai keakurasian DHT-22 dapat dilihat pada tabel 3 yaitu Hasil pengukuran sensor DHT-22 dan higrometer.

TABEL III  
 HASIL PENGUKURAN SENSOR DHT-22 DAN HIGROMETER

Suhu DHT-22 (°C)	Suhu Alat Ukur (°C)	Error (%)	Kelembapan DHT-22 (%)	Kelembapan Alat Ukur (%)	Error (%)
29.5	29.7	0.6	71.19	79	10.9
29.6	29.6	0	71.30	76	6.59
29.7	29.6	0.3	71	74	4.22
29.6	29.7	0.3	71.9	72	0.14
29.6	29.6	0	71.3	72	0.98
29.6	29.6	0	71	72	1.41
<b>Rata – Rata Error (%)</b>		0.2	<b>Rata – Rata Error (%)</b>		4.04

Tabel 3 di atas menunjukkan rata-rata *error* pengukuran suhu dan kelembapan dengan menggunakan DHT-22 dan higrometer kurang dari 5 % yaitu sebesar 0.2% dan 4.04%. Hal itu menandakan bahwa DHT-22 memiliki keakurasian yang cukup baik dalam mengukur suhu serta kelembapan di dalam ruangan.

Pengujian sensor tegangan ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor tegangan berfungsi dengan benar dan dengan baik. Sensor tegangan pada penelitian ini berfungsi untuk mengetahui besarnya tegangan input pada *exhaust fan* apakah sesuai dengan perencanaan atau tidak serta mengetahui tegangan pada baterai yang ada di ruangan tersebut. Hasil pengukuran sensor tegangan pada baterai ditunjukkan pada tabel 4 dibawah,

TABEL IIV

HASIL PENGUKURAN TEGANGAN PADA BATERAI

Pengukuran sensor tegangan (V)	Pengukuran Avometer (V)	Error (%)
48	48.5	1.03
47.89	48.2	0.6
48.09	48.2	0.2
47.83	48.2	0.7
47.83	48.2	0.7
48	47.9	0.2
<b>Rata – Rata Error (%)</b>		0.5

Tabel 4 di atas menunjukkan rata-rata *error* yang terjadi antara pengukuran tegangan avometer dan sensor tegangan memiliki nilai kurang dari 5 % yaitu sebesar 0.5%. Hal itu menandakan bahwa sensor tegangan yang dibuat, memiliki keakurasian yang cukup baik dalam mengukur tegangan.

### B. Pengujian Integrasi

Pengujian integrasi merupakan pengujian yang dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen menjadi suatu alat. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan semua komponen yang telah disusun sedemikian rupa dengan parameter :

- Sensor suhu dan kelembapan mampu memonitoring suhu serta kelembapan yang ada di dalam ruang dengan akurat.
- Sensor tegangan mampu mendeteksi kapasitas tegangan pada baterai sesuai atau tidak.
- Exhaust fan* DC mampu berubah kecepatannya seiring kenaikan suhu pada ruang baterai.
- Suhu ruang, kelembapan ruang serta tegangan total baterai mampu termonitoring dalam sebuah website secara realtime.

Adapun pengujian integrasi dilakukan pada sebuah ruang uji berukuran 2.25 m×2 m dengan luas 4.5 m<sup>2</sup>. Terdapat *exhaust fan* di dalam ruangan yakni EBM-Papst DV 6248 serta baterai sel basah dengan tegangan total 48V 5Ah. Untuk pengiriman data berupa suhu, kelembapan ruangan dari sensor DH-T22 dan tegangan pada baterai, melalui modul Node MCU ESP8266 dengan sambungan koneksi Wi-Fi yang terhubung pada webserver. Pada gambar 5 dibawah merupakan tampilan pengujian integrasi keseluruhan sistem yang diletakan pada suatu papan meja dan laptop sebagai tampilan monitoring pada website.



Gambar 11: Pengujian Integrasi Sistem

Pengujian Integrasi dilakukan dalam 4 kondisi yakni pada saat kondisi ruang tanpa pendingin atau exhaust fan, pada suhu ruang 20°C - 27°C, suhu ruang 28°C - 33°C, dan suhu ruang diatas 33°C. Pada tabel 5 merupakan hasil pengukuran kondisi ruang baterai pada saat tanpa alat pendingin.

TABEL V  
HASIL PENGUJIAN INTEGRASI TANPA EXHAUST FAN

Suhu Ruangan (°C)	Kelembapan Ruangan (%)	Tegangan Baterai (V)
37.6	65.5	47.49
37.0	64.0	47.39
36.9	64.4	47.12
38.0	62.5	48.02
38.3	62.0	48.05
40.6	61.7	48.39
39.0	62.1	48.21
39.7	62.5	48.26
39.5	62.5	47.98
38.6	62.6	47.53

Dari tabel 5 menunjukkan bahwa kondisi suhu ruang berangsur memanas dengan suhu tertinggi tercatat sebesar 40.6°C serta mempengaruhi pada tegangan dan kelembapan baterai. Oleh karena itu perlu diterapkan sistem pendinginan di sekitar ruangan baterai dengan menggunakan *exhaust fan*. Selanjutnya pengujian integrasi yang telah dilakukan pada kondisi kedua yaitu suhu ruang berkisar antara 20°C - 27°C, didapatkan hasil pengukuran yang tertera pada tabel 6.

TABEL VI  
HASIL PENGUJIAN INTEGRASI PADA SUHU RUANG 20°C - 27°C

Suhu Ruangan (°C)	Kelembapan Ruangan (%)	Tegangan Input Exhaust fan (V)	Tegangan Baterai (V)
25.6	68.59	29.8	47.59
25.7	68.7	29.8	47.59
25.8	68.59	29.8	47.62
25.4	68.7	29.8	47.62
24.8	68.7	29.8	47.65
25	68.8	29.8	47.59
25.4	68.7	29.8	47.71
25.6	68.7	29.8	47.71
25.6	68.7	29.8	47.16
25.6	68.7	29.8	47.16

Tabel 6 menunjukkan kemampuan sistem untuk beroperasi dengan perencanaan, yaitu pada kondisi pertama pada suhu ruang berkisar 20°C - 27°C, tegangan input yang masuk pada *exhaust fan* yakni sebesar 29,8V. Selanjutnya, pengujian Integrasi dilakukan dalam kondisi kedua yakni suhu ruang 28°C - 33°C. Tabel 6 berikut menunjukkan hasil pengukuran dari pengujian integrasi.

TABEL VII

HASIL PENGUJIAN INTEGRASI PADA SUHU RUANG 28°C - 33°C

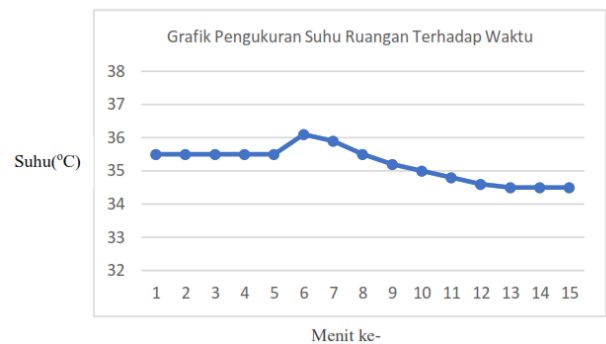
Suhu Ruangan (°C)	Kelembapan Ruangan (%)	Tegangan Input Exhaust fan (V)	Tegangan Baterai (V)
31.3	63.5	34.88	47.04
30.8	63.4	34.88	47.04
30.8	63.4	34.88	47.54
30.8	63.4	34.88	47.54
30.7	63.6	34.88	47.11
30.5	63.4	34.88	47.09
30.3	63.4	34.88	47.11
30.3	63.4	34.88	47.09
30.2	63.4	34.88	47.48
30.2	63.4	34.88	46.98

Tabel 7 menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan perencanaan pada kondisi awal, yaitu pada suhu ruang berkisar 28°C - 33°C, tegangan input yang masuk pada *exhaust fan* yakni sebesar 34.88 V. Selanjutnya, pengujian Integrasi dilakukan dalam kondisi ketiga yakni suhu ruang 33°C - 40°C. Tabel 8 berikut menunjukkan hasil pengukuran dari pengujian integrasi.

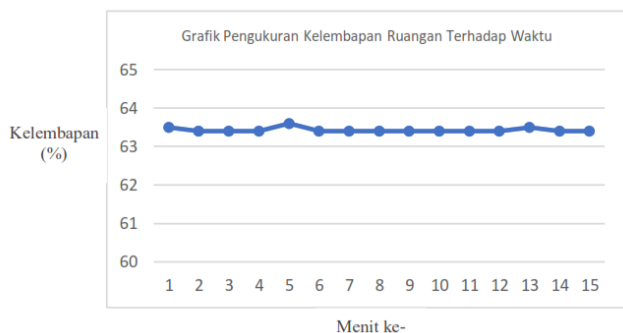
TABEL VIII  
HASIL PENGUJIAN INTEGRASI PADA SUHU RUANG 33°C - 40°C

Suhu Ruangan (°C)	Kelembapan Ruangan (%)	Tegangan Input Exhaust fan (V)	Tegangan Baterai (V)
35.5	63.5	42.88	48.51
35.5	63.4	42.88	48.66
35.5	63.4	42.88	48.25
35.5	63.4	42.88	48.22
35.5	63.6	42.88	48.55
36.1	63.4	42.88	48.22
35.9	63.4	42.88	48.44
35.5	63.4	42.88	47.43
35.2	63.4	42.88	48.22
35	63.4	42.88	47.37

Dari tabel 8 dapat diketahui bahwa sistem mampu bekerja dengan perencanaan yakni pada kondisi pertama yakni pada suhu ruang berkisar 33°C - 40°C, tegangan input yang masuk pada *exhaust fan* yakni sebesar 42.88V. Grafik pengujian integrasi pada kondisi ketiga dapat dilihat pada gambar 12 dan gambar 13.



Gambar 12: Grafik Pengukuran Suhu Ruangan Terhadap Waktu



Gambar 13: Grafik Pengukuran Kelembapan Ruangan Terhadap Waktu

Dari grafik pada Gambar 12 pengukuran suhu ruangan sempat mengalami kenaikan hingga 36°C namun dapat turun kembali di angka 34°C, serta cenderung stabil dan tidak mengalami peningkatana. Grafik pengukuran kelembapan dapat dilihat pada gambar 13 cenderung stabil di angka 60%, yang mana kelembapan ruang memenuhi standart yang ditetapkan dan dapat dikatakan baik untuk ruang penyimpanan baterai. Hal ini sudah sesuai dengan standar yakni kelembapan ruang baterai tidak boleh melebihi 70%. Pengujian data integrasi tersimpan pada database server dan tersajikan dalam bentuk website monitoring seperti yang ditunjukkan pada gambar 14.

No.	Suhu	Kelembapan	Waktu
1	30.10 °C	63.40 %	2021-07-30 18:50:38
2	30.20 °C	63.40 %	2021-07-30 18:50:32
3	30.20 °C	63.50 %	2021-07-30 18:50:26
4	30.20 °C	63.40 %	2021-07-30 18:50:20
5	30.20 °C	63.40 %	2021-07-30 18:50:14
6	30.20 °C	63.40 %	2021-07-30 18:50:08

No.	Tegangan Baterai	Waktu
1	47.04 Volt	2021-07-30 18:50:38
2	47.04 Volt	2021-07-30 18:50:32
3	47.54 Volt	2021-07-30 18:50:26
4	47.54 Volt	2021-07-30 18:50:20
5	47.11 Volt	2021-07-30 18:50:14
6	47.09 Volt	2021-07-30 18:50:08

Gambar 14: Tampilan Website Monitoring Sistem

## V. KESIMPULAN

Dari perencanaan dan pembuatan sistem yang telah dilakukan kemudian dilakukannya pengujian parsial serta pengujian integrasi dapat ditarik kesimpulan bahwa, hasil pembacaan sensor DHT-22 dan sensor tegangan tersebut dapat dijadikan referensi untuk melakukan pemeliharaan atau inspeksi harian dengan tingkat pengukuran suhu ruangan serta Adinda Rahma Satya Meunasah : Prototipe Alat Monitoring Suhu ...

kelembapan ruangan memiliki rata – rata *error* sebesar 0.2% dan 4.04%, sedangkan sensor tegangan memiliki tingkat keakurasian rata – rata *error* sebesar 0.5%. Perubahan kecepatan *exhaust fan* melalui pengaturan *duty cycle* menghasilkan nilai input tegangan sebesar 29.8 V ; 34.88 dan 42.88 V, yang mana nilai tersebut akan menyesuaikan dengan *range* pengukuran suhu ruangan mampu menjaga sirkulasi udara didalam ruang baterai sehingga memenuhi standar yang telah ditetapkan. Data pengukuran yang ditampilkan pada website membantu para pekerja di gardu induk dalam melakukan inspeksi harian dalam rangkaian pemeliharaan suplai AC-DC pada gardu induk, sehingga kontinuitas penyaluran listrik ke konsumen tetap terjaga keandalannya.

## REFERENSI

- [1] A. L. Febriani and S. Pramono, "SAIFI untuk Evaluasi Keandalan Sistem Distribusi Tenaga Listrik pada Jaringan Transmisi Menengah 20 KV," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 1, 2022.
- [2] K. Handayani, T. Filatova, and Y. Krozer, "The Vulnerability of the Power Sector to Climate Variability and Change: Evidence from Indonesia," *Energies*, vol. 12, no. 19, p. 3640, Sep. 2019, doi: 10.3390/en12193640.
- [3] R. Kurniawan, S. Supratno, and S. Samsiana, "Analisis Penyebab Kegagalan Inverter DC-AC Sistem Back Up Daya di Gardu Induk Cibatu dengan Metode RCA," *Aviat. Electron. Inf. Technol. Telecommun. Electr. Control.*, vol. 6, no. 2, p. 193, Aug. 2024, doi: 10.28989/avitec.v6i2.2467.
- [4] H. Birje, S. Hasan, and M. Pinem, "Dc Battery Optimization in 275 Kv Main Gardu to Improve The Reliability of the Control System," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1933, no. 1, p. 012105, Jun. 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012105.
- [5] S. Huang, R. Wang, and Z. Yang, "Substation DC system intelligent monitor and maintenance system," in *2017 IEEE 2nd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC)*, Mar. 2017, pp. 2068–2072. doi: 10.1109/IAEAC.2017.8054381.
- [6] I. N. Nurhadi and L. Liliiana, "Pengaruh Temperatur dan Nilai Berat Jenis Cairan Elektrolit Terhadap Tegangan Sel Baterai Nickel Cadmium 110 Vdc Gardu Induk Perawang Sistem 150 kV," *CYCLOTRON*, vol. 5, no. 2, 2022.
- [7] M. F. Istiqbal, E. Priatna, and S. Sutisna, "ANALISA KAPASITAS BATERAI SEBAGAI SUMBER DC PADA GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI 500 KV PT. PLN (PERSERO) TASIKMALAYA," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [8] Sugianto and N. Lubis, "Kegagalan Proteksi pada Gardu Induk 150 kV Akibat Suplai Tegangan DC," *Sinusoida*, vol. 19, no. 2, pp. 18–27, 2017, [Online]. Available: <https://ojs.istn.ac.id/index.php/sinusoida/article/viewFile/7/8>
- [9] C. H. B. Apribowo, S. Sarjiya, S. P. Hadi, and F. D. Wijaya, "Optimal Planning of Battery Energy Storage Systems by Considering Battery Degradation due to Ambient Temperature: A Review, Challenges, and New Perspective," *Batteries*, vol. 8, no. 12, p. 290, Dec. 2022, doi: 10.3390/batteries8120290.
- [10] A. Rahmadani, N. A. Windarko, and L. P. S. Raharja, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembapan serta Kendali Dua Heater pada Kubikel 20 kV Berbasis Sistem Informasi Geografis," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 2, p. 219, Dec. 2022, doi: 10.24843/MITE.2022.v21i02.P09.
- [11] M. B. P. Ramadhan, M. Z. Efendi, and S. D. Nugraha, "Temperature and Humidity Control System for 20 kV of Cubicle with Multiple Input Multiple Output Fuzzy Logic Controller,"



- JAREE (*Journal Adv. Res. Electr. Eng.*, vol. 7, no. 2, Jul. 2023, doi: 10.12962/jaree.v7i2.367.
- [12] F. N. Oktaviani and A. Rahmadani, "Implementation of Elman Neural Network with Backpropagation Algorithm for Battery State of Charge Estimation," in *2024 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICTPEP)*, Sep. 2024, pp. 118–123. doi: 10.1109/ICTPEP63827.2024.10733470.
- [13] PT. PLN (Persero), "Buku pedoman pemeliharaan sistem supli AC/DC," *Jakarta PT. PLN Persero*, 2014.
- [14] N. Nadhiroh, R. Fierdaus, and Isdawimah, "IoT based Battery Storage Temperature Monitoring System," in *2022 5th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*, Sep. 2022, pp. 258–261. doi: 10.1109/IC2IE56416.2022.9970080.
- [15] S. Mahlangu, M. Sibanyoni, L. Ngoma, and S. P. D. Chowdhury, "The design of HVAC network control panel for battery room," in *2020 6th IEEE International Energy Conference (ENERGYCon)*, 2020, pp. 787–791.
- [16] I. P. W. P. K. Jaya and I. G. A. Widagda, "Pembuatan Alat Pantau Suhu Dan Kelembaban Udara Berbasis Short Message Service (SMS) Menggunakan AWE. 2020," *Bul. Fis. Vol*, vol. 22, no. 1, pp. 12–19, 2021.
- [17] M. S. D. Utomo *et al.*, "Analisis perhitungan teori dengan menggunakan variasi simulator online pada rangkaian pembagi tegangan," *Telecommun. Networks, Electron. Comput. Technol.*, vol. 1, no. 2, pp. 61–70, 2021.
- [18] A. Rahmadani and A. A. Prastiyo, "Sistem Pendeteksi Arc Flash Pada Sambungan Jaringan Tegangan Rendah Dengan Sensor LDR Berbasis Telegram," *J. Teknol. Elektro*, vol. 14, no. 1, p. 18, Feb. 2023, doi: 10.22441/jte.2023.v14i1.004.
- [19] I. K. C. Arta, A. Febriyanto, I. B. M. H. A. Nugraha, I. G. S. Widharma, and I. B. I. Purnama, "Animal Tracking Berbasis Internet of Things," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 21, no. 1, p. 7, Jul. 2022, doi: 10.24843/MITE.2022.v21i01.P02.
- [20] T. Sutikno, J. Alfahri, and H. S. Purnama, "Monitoring Tegangan dan Arus Pada Panel Surya Menggunakan IoT," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 153, 2023.
- [21] S. Badri and K. Krismadinata, "Design of Boost Converter Integrated with Graphical User Interface," *Motiv. J. Mech. Electr. Ind. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 31–42, Jan. 2020, doi: 10.46574/motivection.v2i1.40.