

PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR BERDASARKAN SENSOR SUHU THERMOCOUPLE PADA PROTOTYPE RUANG BATERAI BERBASIS PLC DAN SCADA

**Anis Hani Kurniawati¹, Arfa Mumtaza Ghalya², Ihzam Fahraz Zikrullah³,
Nuha Nadhiroh⁴, Indra Z⁵**

Prodi Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta
Jl Prof.Dr.GA Siwabessy, Kampus Baru UI Depok 16425

Email: anis.hanikurniawati.te18@mhs.w.pnj.ac.id¹, nuha.nadhiroh@elektro.pnj.ac.id⁴

ABSTRACT

Battery room tend to has high temperature because of overcharging and overdraining process when the system operates either normally or abnormally. High temperature of battery room could reduce the life time of battery and inflict financial loss. At worst condition, high temperature caused by battery chemical could cause explotion so that more aspects will be inflicted. Hence, an automatic cooling system has to be built to keep the temperature optimal. In this article, researchers build automatic cooling system based on PLC-VSD to control the temperarture of battery room prototype with heater as heating source and thermocouple type-K sensor. SCADA used to acquire data and monitor cooling process at battery room. Assessment results show that error rate persentation among components with measurement tools are 5,8-9% for current; 4-5,3% for voltage; and 0,2-0,5% for velocity, 131-177ms or 0,1s for respond time, and 0% for system's general error rate. Automatic control system hasn't capable yet to reach set point at 28,5°C because just rely on blower. The lowest temperature that can be reached is 30,4°C, this value shows that system is capable to decrease battery room temperature that allowed for battery operating.

Keywords: Battery Room, Motor, PLC, SCADA, Thermocouple Type-K, VSD

ABSTRAK

Ruang baterai cenderung bersuhu tinggi akibat proses overcharging dan overdraining ketika sistem beroperasi normal maupun gangguan. Suhu tinggi di ruang baterai dapat mengurangi masa pakai baterai dan akan merugikan dari sisi ekonomi. Dalam kondisi terburuk, suhu tinggi akibat akumulasi kimia baterai dapat menyebabkan ledakan sehingga lebih banyak aspek yang dirugikan. Maka dari itu perlu dibuatkan sistem pendinginan otomatis untuk menjaga suhu ruang baterai tetap optimal. Pada artikel ini, peneliti membuat sistem kontrol motor berbasis PLC-VSD dalam mengendalikan suhu prototype ruang baterai dengan heater sebagai sumber panas dan sensor suhu thermocouple tipe k. SCADA digunakan untuk akuisisi data dan memonitor proses pendinginan ruang baterai. Hasil pengujian menunjukkan range persentase kesalahan pengukuran antara komponen (PLC, HMI, SCADA) dengan alat ukur yaitu: arus 5,8 - 9%, tegangan 4 - 5,3%, dan kecepatan motor 0,2 - 0,5%, respond time didapatkan range 131 – 177 ms atau 0,1 detik serta error rate keseluruhan sistem adalah 0%. Kontrol suhu otomatis belum bisa mencapai set point yaitu 28.5°C karena hanya mengandalkan blower. Suhu terendah yang bisa dicapai adalah 30,4°C, nilai ini menunjukkan bahwa sistem dapat menurunkan suhu ruang baterai sesuai dengan suhu yang diperbolehkan untuk baterai beroperasi.

Kata kunci: Motor, PLC, Ruang Baterai, SCADA, Thermocouple Tipe-K, VSD

1. PENDAHULUAN

Pada gardu induk, baterai biasa digunakan sebagai *back-up* daya untuk peralatan bantu beban DC agar dapat terus bekerja secara maksimal [1]. Penggunaan baterai tersebut harus mampu menyuplai daya ke peralatan meski kondisi tanpa *charger (blackout)* sehingga baterai merupakan salah satu komponen penting sebagai penunjang suplai ketika terjadi masalah [2].

Proses pengisian dan pengosongan baterai secara berlebih (*overcharging-overdraining*) dapat menurunkan masa pakai baterai [3]. Saat *overcharging*, arus AC dipaksakan masuk dalam kondisi baterai penuh sehingga menyebabkan pemanasan tambahan dan tercipta regangan siklus pada elektroda. Hal ini dapat mempercepat proses penuaan baterai. Selain itu, reaksi senyawa didalamnya juga akan menghasilkan gas. Dalam kondisi terburuk, suhu tinggi akibat akumulasi kimia baterai dengan gas tersebut dapat menyebabkan ledakan. Lain halnya saat kondisi *overdraining*, kapasitas baterai akan terus terkuras (pengosongan dengan arus tinggi) sehingga menghasilkan lebih banyak panas yang tidak proporsional. Hal ini dapat menyebabkan kelebihan panas pada konduktor logam yang terkorosi. Dari tingkat tertentu dari percepatan penuaan baterai, penampang tereduksi menjadi tidak mampu mengalirkan arus maksimum yang diizinkan untuk periode tertentu. Dalam kasus ekstrim, ini dapat menyebabkan kegagalan baterai yang tidak terduga. Masa pakai baterai juga dipengaruhi suhu lingkungan. Suhu lingkungan yang rendah di sekitar ruang baterai akan membentuk lapisan es pada komponen keramik internal baterai, sehingga perlu ditambahkan pemanas. Berdasarkan faktor penyebab panas dan perusak baterai yang telah disampaikan, maka kontrol suhu ruang baterai sangat dibutuhkan.

Salah satu upaya untuk menurunkan suhu ruang baterai yaitu dengan memberikan ventilasi alami atau paksaan seperti *blower*. Dengan ini, udara panas didalam ruang baterai dapat keluar serta mengurangi konsentrasi hidrogen di udara sebagai salah satu penyebab kebakaran.

Saat ini sudah banyak penelitian mengenai pengembangan sistem untuk mengontrol ruangan secara otomatis, yang pertama yaitu penelitian menggunakan sistem Mikrokontroler Atmega 32 untuk aplikasi kontrol suhu ruangan produksi textile [4]. Penggunaan mikrontroler Atmega 32 ini jarang digunakan untuk keperluan ruangan dengan skala besar dikarenakan sistem dari mikrokontroler Atmega 32 ini dianggap kurang cukup untuk bisa mengontrol ruangan skala industri menggunakan komponen yang masih terbilang kurang kokoh dan daya tahan komponen yang kurang kuat. Lalu, penelitian menggunakan

sistem IoT (*Internet of Things*) untuk mengontrol dan memonitoring suhu pada kandang ayam [5]. Penggunaan sistem IoT pada penelitian tersebut dilihat masih terdapat kekurangan dikarenakan menggunakan beberapa komponen pendukung berupa aplikasi *thingspeak* dimana aplikasi tersebut masih belum mampu mengontrol dan memonitoring suhu secara jarak jauh. Selain itu terdapat penelitian lain mengenai monitoring ruangan menggunakan PLC ke PC (Personal Computer) menggunakan RS232 [6]. Penggunaan PLC pada penelitian ini masih belum sempurna dikarenakan sistem tersebut hanya bisa berfokus sebagai monitoring dan belum bisa mengontrol ruangan tersebut. Dari banyaknya penelitian yang telah dilakukan masih belum ada yang mengontrol suhu ruang baterai menggunakan PLC dan HMI yang terintegrasi oleh SCADA sebagai pusat untuk kontrol dan monitoring jarak jauh.

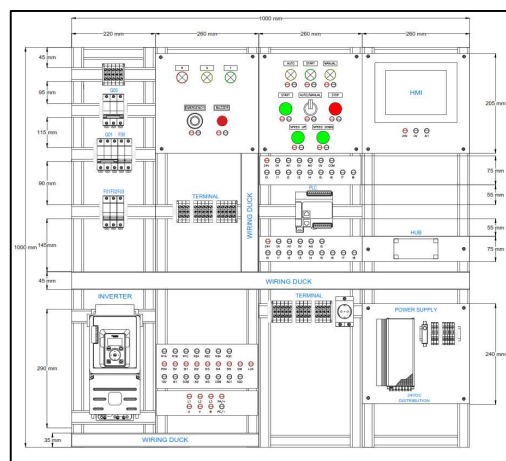
Maka dari itu, pada penelitian ini sistem dikembangkan dengan memadukan PLC, VSD dan SCADA pada sistem pendinginan ruang baterai dalam mengendalikan motor induksi 3 fasa dengan beban blower serta mengontrol dan memonitor proses secara jarak jauh. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk kemajuan teknologi di industri, terutama pada sistem pengendalian suhu ruang baterai.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang diterapkan adalah rancang bangun pengendalian motor dalam sistem pendinginan ruang baterai berbasis PLC-VSD dan SCADA dalam bentuk *prototype*.

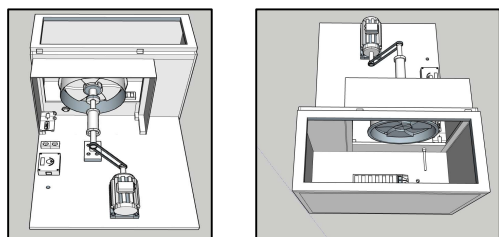
2.1 Deskripsi Alat

Sistem ini bekerja dengan mengatur kecepatan motor berdasarkan suhu ruang baterai. Rancangan rangka panel dan prototype ruang baterai terlihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Desain Rangka Panel

Pengendalian Kecepatan Motor berdasarkan Sensor Suhu



Gambar 2. Desain *Prototype* Ruang Baterai

2.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat/komponen yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Alat

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
1.	PLC	Schneider TM221CE16R; Input 9 Output 7 Power Supply 100-240 AC	1 unit
2.	Power Supply	Xingweiye Input 110-220V Output 24VDC 5A Frekuensi 60/50Hz	1 unit
3.	VSD	Schneider ATV610U40N4 7,5 KW	1 unit
4.	HMI	Weintek MT807iP 24 VDC 7 inch	1 unit
5.	Kabel LAN	CAT 5, RJ45	5 m
6.	MCB	Merlin Gerlin 3P, 10 A Himel 3P, 4A Himel 1P, 6A Merlin Gerlin 1P, 4 A Himel 1P, 4A	1 unit 1 unit 1 unit 2 unit
7.	Hub	5-Port 10/100Mbps RJ45 Ports	1 unit
8.	Thermo-couple	Type K, Range 0 – 500°C Resistansi 10kΩ	1 unit
9.	Heater	Sungho Tegangan 220-240VAC Daya 100W	1 unit
10.	Voltage Regulator	CHSZDEXI Tegangan 0V-220V Resistansi 10K, Maksimal daya 4000W	1 unit
11.	Motor AC 3 Fasa	Pole 3P Tegangan 380V Arus 3A Daya 0.75kW Kecepatan 1400 rpm	1 unit
12.	Blower	Model 250FZY16D Tegangan 220V Frekuensi 50Hz Daya 100W Volume 20m ³ /min Kecepatan 2500 rpm	1 unit

No.	Nama Alat	Spesifikasi	Jumlah
13.	Timingbel	Model OPTIBELT ZR XL 220 Ukuran 558 x 28 cm Temperatur -220 sampai 2120F. Anti Static dengan ISO 9563	1 unit
14.	Pulley	Timing Pulley GT2	1 unit

2.3 Cara Kerja Alat

Terdapat 2 mode yang dapat dioperasikan, yaitu :

1. Mode Manual

Pada mode ini, sistem bekerja sesuai *input* kecepatan dari operator. Perintah sistem dijalankan satu per satu untuk melakukan tes program *start-stop* dan kecepatan 1 s.d 4. Kenaikan dan penurunan kecepatan motor dibuat bertahap sesuai urutan dari terendah ke tertinggi ataupun sebaliknya. Hal ini dilakukan untuk menghindari lonjakan putaran motor yang berdampak pada kerusakan [7].

2. Mode Auto

Pada mode ini, sistem bekerja sesuai input suhu yang terbaca dari *prototype* ruang baterai. Hasil pengukuran suhu akan diproses dan dikelompokkan menjadi beberapa kecepatan. Pembagian range suhu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembagian Range Suhu kedalam Beberapa Kecepatan

Suhu (°C)	Kecepatan	Frekuensi (Hz)	Ns (Rpm)
≤ 28,5	Idle	10	300
28,6 - 30,25	Speed 1	15	450
30,26 - 31,25	Speed 2	25	750
31,26 - 32,75	Speed 3	35	1050
32,76 - 34	Speed 4	45	1350
≥ 34	Speed Max	50	1500

Selain itu, dilakukan juga beberapa pengujian yang bertujuan untuk memastikan bahwa alat yang dibuat telah bekerja sesuai harapan. Beberapa pengujian yang dilakukan yaitu :

1. Akurasi pembacaan parameter
2. Durasi penurunan suhu
3. Nilai *respond time*
4. Nilai *error rate*
5. Kualitas instalasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Realisasi Alat

Modul pengendalian kecepatan motor dengan PLC, VSD dan SCADA ini merupakan sistem untuk mengatur kecepatan motor induksi AC tiga fasa dalam menjaga suhu ruang baterai

Pengendalian Kecepatan Motor berdasarkan Sensor Suhu

tetap optimal. Komponen utama yaitu PLC TM221CE16R dan Inverter Schneider ATV610U75N4. Komunikasi PLC dengan inverter adalah komunikasi serial modbus IOSCANNER, sedangkan antara PLC dengan HMI dan SCADA adalah komunikasi Ethernet. Realisasi rangka panel dan prototipe ruang baterai terlihat pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 3. Realisasi Rangka Panel



Gambar 4. Realisasi *Prototype* Ruang Baterai

3.2 Pengujian

A. Pengujian Akurasi Pembacaan Parameter Motor Saat Mode Manual

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur nilai toleransi pembacaan parameter oleh sistem kontrol dan sistem monitoring. Data yang dihasilkan berupa selisih (*persentase error*) antara data hasil pembacaan PLC, HMI, dan SCADA dengan pengukuran motor menggunakan alat ukur. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 3-5.

Tabel 3. Pengukuran Arus pada PLC, HMI dan SCADA

Kecepatan	PLC (A)	HMI (A)	SCADA (A)	Amperemeter (A)
Idle	0,41	0,41	0,42	0,38
Speed 1	0,5	0,49	0,49	0,45
Speed 2	0,62	0,62	0,61	0,57
Speed 3	0,78	0,78	0,8	0,74
Speed 4	1,07	1,07	1,08	1,03

Tabel 4. Pengukuran Tegangan pada PLC, HMI dan SCADA

Kecepatan	PLC (V)	HMI (V)	SCADA (V)	Voltmeter (V)
Idle	34	34	34	34,8
Speed 1	58	58	58	61,9
Speed 2	120	120	120	124,3
Speed 3	203	203	203	209
Speed 4	305	305	305	337

Tabel 5. Pengukuran Kecepatan Putar pada PLC, HMI dan SCADA

Kecepatan	PLC (rpm)	HMI (rpm)	SCADA (rpm)	Tachometer (rpm)
Idle	300	300	300	296
Speed 1	450	450	450	488
Speed 2	751	750	750	748,3
Speed 3	1051	1051	1050	1048
Speed 4	1349	1349	1348	1347

Pengujian pengukuran parameter arus, tegangan, dan velocity dilakukan 5 kali pengulangan. Persentase rata-rata kesalahan dan akurasi pengukuran 5 kali pengulangan terlihat pada Tabel 6-8.

Tabel 6. Rata-Rata Kesalahan dan Akurasi Pengukuran Arus

Pengujian Ke-	Rata-Rata Kesalahan Pengukuran (%)	Rata-Rata Akurasi Pengukuran (%)
1	7,954	92,046
2	9,246	90,754
3	7,362	92,638
4	5,813	94,187
5	6,561	93,439

Pengendalian Kecepatan Motor berdasarkan Sensor Suhu

Tabel 7. Rata-Rata Kesalahan dan Akurasi Pengukuran Tegangan

Pengujian Ke-	Rata-Rata Kesalahan Pengukuran (%)	Rata-Rata Akurasi Pengukuran (%)
1	4,885	95,115
2	5,069	94,931
3	5,053	94,947
4	5,069	94,931
5	5,331	94,669

Tabel 8. Rata-Rata Kesalahan dan Akurasi Pengukuran Kecepatan Motor

Pengujian Ke-	Rata-Rata Kesalahan Pengukuran (%)	Rata-Rata Akurasi Pengukuran (%)
1	0,519	99,481
2	0,318	99,682
3	0,400	99,600
4	0,280	99,720
5	0,401	99,599

Adanya perbedaan hasil pengukuran antara PLC, HMI, SCADA dengan hasil ukur dipengaruhi oleh kualitas dari alat ukur. Apabila kualitas alat ukur kurang baik maka ketelitian pembacaan menurun dan persentase error meningkat. Toleransi alat ukur arus adalah $\pm (1.2\%+5)$ dan tegangan $\pm (1.0\%+8)$. Persentase kesalahan pengukuran arus yang didapatkan cukup besar yaitu lebih dari 13,51% hal tersebut terjadi karena rentang pembacaannya yang kecil. Meskipun nilai deviasi kecil ($\pm 0.05A$), tetapi karena nilai pengukurannya juga kecil maka secara persentase akan menghasilkan nilai yang besar. Rata-rata kesalahan pengukuran nilai tegangan yaitu 4.8 – 5.3% dengan akurasi pengukuran 94 - 95%

Kestabilan pembacaan parameter PLC sangat baik untuk setiap pengujian, karena kecepatan pengiriman data ATV610 ke PLC dengan komunikasi Modbus Serial IOScanner diatur ke 9,2 kbit/s [8]. Adanya selisih hasil pembacaan PLC dengan HMI/SCADA disebabkan oleh proses PLC mengolah data dari VSD. Output parameter motor dari VSD diolah terlebih dahulu oleh PLC menjadi nilai real sesuai besaran satuannya baru kemudian dikirim ke HMI/SCADA. Jeda pengiriman data dari VSD ke HMI/SCADA akibat proses oleh PLC inilah yang menyebabkan adanya selisih nilai.

Perbedaan pengukuran kecepatan motor sistem kontrol dan monitoring dengan tachometer dikarenakan sistem kontrol dan monitoring mengukur kecepatan stator sedangkan tachometer mengukur kecepatan rotor. Timbulnya arus pada

rotor dan medan magnet pada stator akan menyebabkan rotor berputar (GGL) [9]. Fluks pada stator dipengaruhi oleh frekuensi. Dalam prakteknya, kecepatan rotor tidak pernah berhasil mengejar kecepatan stator [10]. Jika hal itu terjadi, maka tidak akan ada kecepatan relatif antara keduanya, tidak ada gaya gerak listrik rotor, tidak ada arus rotor dan tidak ada torsi untuk mempertahankan rotasi.

B. Pengujian Durasi Penurunan Suhu Saat Mode Auto

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kinerja sistem dalam mengontrol suhu ruang baterai. Data yang dihasilkan berupa durasi waktu yang dibutuhkan blower dalam menurunkan suhu ruang baterai. Hasil pengujian terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Pengujian Durasi Penurunan Suhu

Pengujian Ke-	Suhu Ruang Baterai (°C)	Waktu Mencapai Set Point
1	30,25	2m 22s
	31,25	5m 11s
	32,75	7m 25s
	34	8m 58s
	36	10m 3s
2	30,25	2m 32s
	31,25	5m 15s
	32,75	7m 28s
	34	9m 3s
	36	10m 5s
3	30,25	2m 34s
	31,25	5m 17s
	32,75	7m 29s
	34	9m 6s
	36	10m 6s
4	30,25	2m 20s
	31,25	5m 7s
	32,75	7m 17s
	34	8m 49s
	36	9m 54s
5	30,25	2m 23s
	31,25	5m 10s
	32,75	7m 21s
	34	8m 52s
	36	9m 57s

Pengujian dilakukan dengan menghidupkan heater hingga suhu ruang baterai naik mencapai 5 nilai suhu sesuai Tabel 9 kemudian heater dimatikan. Setelah itu sistem diaktifkan pada mode auto. Suhu 30,25 °C akan menghidupkan motor pada speed 1, 31,25 °C speed 2, 32,75 °C speed 3, 34 °C speed 4 dan 36 °C speed max. Set point suhu ruang baterai adalah 28,5 °C. Pengujian dilakukan berulang selama 5 kali. Berdasarkan hasil pengujian, rata-rata waktu yang dibutuhkan blower untuk menurunkan suhu mencapai set point ditunjukkan pada Tabel 10.

Pengendalian Kecepatan Motor berdasarkan Sensor Suhu

Tabel 10. Rata-rata Pengujian Durasi Penurunan Suhu

Pengujian Ke-	Suhu Ruang Baterai (°C)	Waktu Mencapai Set Point
1	30,25	2m 26s
2	31,25	5m 12s
3	32,75	7m 24s
4	34	8m 33s
5	36	9m 58s

Dari data Tabel 10 didapatkan bahwa durasi penurunan suhu oleh sistem terbilang singkat. Hal ini didukung oleh daya blower yang besar (100W) serta dapat mengeluarkan udara panas dari ruang baterai sebanyak 20 m³/min. Meskipun kinerja sistem kontrol sudah baik, tetapi nilai ini didapatkan dengan membuka tutup atas *prototype* ruang baterai, sehingga udara dingin *Air Conditioner* dari tempat pengujian masuk ke ruang baterai. Ini dilakukan karena sistem pendinginan hanya menggunakan blower. Jika hanya blower, suhu ruang baterai tidak akan bisa kurang dari suhu lingkungan (30 °C) sedangkan set point diatur pada 28,5 °C untuk menyesuaikan suhu optimal ruang baterai. Suhu terendah yang didapatkan ketika *prototype* ruang baterai tertutup adalah 30,4 °C. Berdasarkan IEC 62485-2 mengenai *Battery Standards*, suhu optimal ruang baterai yaitu 10 °C s.d. 30 °C dan tidak boleh melebihi 55 °C. Artinya, sistem yang dibuat peneliti dengan kondisi *prototype* tertutup masih berada di range yang diperbolehkan untuk baterai beroperasi.

C. Pengujian Respond Time Rangka Panel, Sistem Kontrol, dan Sistem Monitoring

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur kecepatan rangka panel, sistem kontrol, dan sistem monitoring dalam mengendalikan plant. Data yang dihasilkan berupa selisih waktu antara operasi sistem dengan kinerja plant.

Tabel 11. Pengujian Respon Time dari Setiap Button

Komponen	Panel (ms)	PLC (ms)	HMI (ms)	SCADA (ms)
PB Start	155,9	152,2	152,6	150,2
PB Stop	148,8	153,1	155,5	158,4
SS Auto	152,6	151,4	152,8	152
SS Manual	151,2	153,2	156,2	148,9
PB Speed Up	153,2	154,8	150,2	159,8
PB Speed Down	154,1	152	151,8	153,7
Emergency Button	151,9	158,8	-	-
Buzzer	150,6	149	-	-

Berdasarkan Tabel 11, waktu yang terukur dari tiap *button* yang diuji secara keseluruhan

berada pada rentan waktu 130 ms sampai dengan 174 ms. Dalam artian, ketika satuannya dibuat dengan skala yang lebih besar, maka waktu yang dibutuhkan oleh button untuk melakukan operasi sistem hanya sekitar kurang dari 0,2 s, waktu tersebut bisa dikatakan singkat [11]. Salah satu kriteria dalam suatu sistem yaitu ketepatan dan kehandalan dalam mentransmisikan data, sehingga dalam pengujian ini dapat dikatakan sistem ini memiliki tingkat ketepatan dan kehandalan yang sangat baik.

D. Pengujian Error Rate Rangka Panel, Sistem Kontrol, dan sistem monitoring

Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kegagalan rangka panel, sistem kontrol, dan sistem monitoring dalam mengendalikan plant. Data yang dihasilkan berupa nilai persentase kegagalan pada percobaan yang dilakukan secara berulang. Data pengujian terlihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Pengujian Error Rate dari Setiap Button

Komponen	Panel (ms)	PLC (ms)	HMI (ms)	SCADA (ms)
PB Start	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
PB Stop	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
SS Auto	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
SS Manual	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
PB Speed+	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
PB Speed-	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Emergency Button	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil
Buzzer	Berhasil	Berhasil	Berhasil	Berhasil

Dengan persentase error rate keseluruhan adalah 0%, hal tersebut terjadi dikarenakan komponen yang dipasang pada rangka panel kontrol dibuat selalu bekerja ketika dioperasikan. Beberapa hal yang mendukung terjadinya hal ini yaitu komponen penyusun sistem di rangka panel maupun plant ruang baterai dalam keadaan baik atau sudah lolos tahap pengecekan. Serta sambungan kabel antar komponen menggunakan banana plug connector kuat dan aman. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa komponen pada rangka panel kontrol yang telah dibuat memiliki tingkat kehandalan yang sangat baik.

E. Pengujian Instalasi Komponen

Pengujian ini bertujuan untuk meyakini bahwa tiap – tiap komponen berfungsi dengan baik dan aman ketika dioperasikan. Data yang dihasilkan berupa kondisi hubungan antar komponen, tegangan, dan tahanan isolasi. Data pengujian ditunjukkan pada Tabel 13-15.

Pengendalian Kecepatan Motor berdasarkan Sensor Suhu

Tabel 13. Pengujian Kontinuitas

Komponen	Kondisi	Keterangan
Power Supply – HMI	Terhubung	
Line – + Buzzer	Terhubung	
Line – + Emergency	Terhubung	
Netral – Netral PLC	Terhubung	
Netral – Netral VSD	Terhubung	Terkoneksi dengan baik
Ground – Ground VSD	Terhubung	
Line – Ground	Tidak Terhubung	
Line – Netral	Tidak Terhubung	

Tabel 14. Pengujian Tahanan Isolasi

Komponen	Kondisi	Keterangan
Fasa R	>2000 M Ω	
Fasa S	>2000 M Ω	
Fasa T	>2000 M Ω	
Fasa R (VSD)	>2000 M Ω	Baik (Masih dalam kondisi aman)
Fasa S (VSD)	>2000 M Ω	
Fasa T (VSD)	>2000 M Ω	
Fasa R (PLC)	>2000 M Ω	
Fasa S (PLC)	>2000 M Ω	
Fasa T (PLC)	>2000 M Ω	

Tabel 15. Pengujian Kondisi Bertegangan

Komponen	Standar	Aktualisasi	Persentase Error
R – S	380 V	394 V	3.6 %
R – T	380 V	393 V	3.4 %
S – T	380 V	390 V	2.6 %
R – N	220 V	228 V	3.6 %
S – N	220 V	226 V	2.7 %
T – N	220 V	226 V	2.7 %
R – PE	220 V	228 V	3.6 %
S – PE	220 V	226 V	2.7 %
T – PE	220 V	225 V	2.7 %

Pengujian kontinuitas sangat diperlukan sebelum melakukan pengujian bertegangan. Pengujian ini bertujuan meminimalisir kerusakan pada komponen akibat kesalahan saat melakukan instalasi. Pengujian tanpa tegangan ini juga bertujuan untuk menghindari terjadinya hubung singkat. Terlihat pada tabel 6 bahwa tiap – tiap komponen berfungsi dengan baik dan aman dioperasikan. Apabila penghantar tidak tersambung atau terjadi hubung singkat maka disebabkan kesalahan dalam penginstalan. Hal lain yang menyebabkan tidak tersambung pengantar adalah kabel penghantar tidak tersambung dengan baik terhadap terminal blok.

Dilakukannya pengujian tahanan isolasi pada rangkaian daya bertujuan untuk mengetahui besar nilai kebocoran arus yang terjadi antara

bagian yang bertegangan terhadap netral. Terlihat pada tabel 7 bahwa tiap – tiap fasa yang diuji mendapatkan nilai >2000M Ω dimana nilai tersebut sudah memenuhi standar keamanan sesuai dengan PUIL 2000 bahwa nilai minimum isolasi pada peralatan listrik dan instalasinya adalah 1000 Ω x tegangan kerja [12]. Maksudnya, apabila peralatan listrik menggunakan tegangan 220V maka nilai tahanan isolasi sekurang – kurangnya yaitu 220 x 1000 ohm = 0,22M Ω , demikian halnya menggunakan tegangan 380V, maka isolasi minimumnya yaitu 0,38 M Ω .

Pengujian komponen bertegangan bertujuan untuk mengetahui apakah tegangan yang masuk pada komponen sudah sesuai dengan kriteria penghantar atau tidak. Terlihat pada tabel 7 bahwa tiap tegangan yang diuji sebelum masuk menuju komponen masih dalam kondisi toleransi. Berdasarkan SPLN 1.1995 batas toleransi setiap tegangan untuk menuju pada suatu komponen yaitu -5% dan +10% dari nilai tegangan yang masuk [13]. Seperti pada terminal PLC, dimana PLC membutuhkan tegangan sebesar 220V tetapi aktualisasi tegangan yang masuk yaitu 228V. Nilai ini masih dalam batas wajar dengan tingkat toleransi masih kurang dari 10%. Apabila terjadi tegangan yang menuju komponen diluar batas toleransi, maka kemungkinan ada kabel penghantar yang rusak [14].

4. KESIMPULAN

1. Pada sistem ini, VSD digunakan untuk menggerakkan motor yang terhubung dengan *blower* berdasarkan *input* dari PLC untuk menurunkan suhu, yangmana PLC juga mendapatkan *input digital* dari sensor suhu.
2. Hasil pengujian menunjukkan *range* persentase kesalahan pengukuran antara komponen (PLC, HMI, SCADA) dengan alat ukur yaitu: arus 5,8 - 9%, tegangan 4 - 5,3%, dan kecepatan motor 0,2 - 0,5%, *respond time* didapatkan *range* 131 – 177 ms atau 0,1 detik serta *error rate* keseluruhan sistem adalah 0%.
3. Berdasarkan hasil pengujian, sistem pengendali suhu otomatis telah berhasil menurunkan suhu pada ruang baterai sesuai deskripsi kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Manimekalai, R. Harikumar, and S. Raghavan, "An Overview of Batteries for Photovoltaic (PV) Systems," *Int. J. Comput. Appl.*, vol. 82, no. 12, pp. 28–32,

Pengendalian Kecepatan Motor berdasarkan Sensor Suhu

- 2013, doi: 10.5120/14170-2299.
- [2] HOPPECKE Batterien GmbH & Co. KG., "Installation, commissioning and operating instructions, for vented stationary lead-acid batteries," pp. 1–68, 2020, [Online]. Available: https://www.hoppecke.com/fileadmin/Redakteur/Hoppecke-Main/Products/Downloads/Montagehandbuch_geschl_EN_final.pdf.
- [3] S. M. A. S. Bukhari, J. Maqsood, M. Q. Baig, S. Ashraf, and T. A. Khan, "Comparison of Characteristics-Lead Acid, Nickel Based, Lead Crystal and Lithium Based Batteries," *Proc. - UKSim-AMSS 17th Int. Conf. Comput. Model. Simulation, UKSim 2015*, pp. 444–450, 2016, doi: 10.1109/UKSim.2015.69.
- [4] M. H. Widiyanto, "Alat Pengatur Suhu Otomatis pada Ruangan Produksi Textile Spining Berbasis," *Resist. kEndali Telekomun. tenaga List. kOmputeR*, vol. 2, no. 1, pp. 51–58, 2019.
- [5] P. Studi Teknik Komputer Jaringan *et al.*, "Sistem Kontrol Otomatis Monitoring Suhu Kandang Ayam Berbasis Internet of Things," *J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra*, vol. 3, no. 1, pp. 53–65, 2016.
- [6] T. Pangaribowo *et al.*, "Jurnal Teknologi Elektro, Universitas Mercu Buana ISSN: 2086-9479 Sistem Monitoring Suhu Melalui Sistem Komunikasi," vol. 7, no. 3, pp. 175–180, 2016.
- [7] SchneiderElectric, "Modicon M221," *Log. Controll. Program. Guid.*, vol. EIO0000001, p. 296, 2017, [Online]. Available: <https://www.se.com/ww/en/product-range/62128-modicon-m221/>.
- [8] S. Electric, "Easy Altivar 610 Variable speed drives Altivar," 2021.
- [9] A. Supriyadi, "Metode Starting Motor Induksi 3 Fasa Rotor Sangkar Tupai," vol. 05, no. 2.
- [10] Sarjono, R. Gianto, and A. Hiendro, "Evaluasi Kinerja Motor Induksi 3 Fasa 100 Hp / 75 Kw Pada Panel Star – Delta Di Pdam Tirta Raya Adi Sucipto," *J. Tek. Elektro Univ. Tanjungpura*, vol. 2, no. 1, p. 8, 2020, [Online]. Available: Vol. 2. No.2, pp. 142-151.
- [11] ITU-T, "G.1010: End-user multimedia QoS categories," *Int. Telecommun. Union*, vol. 1010, 2001.
- [12] PUIL, "Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)," *DirJen Ketenagalistrikan*, vol. 2000, no. Puil, pp. 1–133, 2000.
- [13] PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), "Standar-Standar Tegangan," *Standar Perusah. List. Negara*, vol. 1.1995, p. 23, 1995.
- [14] H. Hendra, P. S. H. Hernadewita, H. Hermiyetti, and Y. Yoserizal, "Applying Programmable Logic Control (PLC) for Control Motors, Blower and Heater in the Rubber Drying Processing," *J. Ilm. Tek. Elektro Komput. dan Inform.*, vol. 7, no. 1, p. 131, 2021, doi: 10.26555/jiteki.v7i1.20514.