

Rancang Bangun Penstabil Kinerja Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah

Anggara Trisna Nugraha ^{1*} and Reza Fardiyan As'ad ²

^{1*} Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya;
anggaranugraha@ppns.ac.id

² Marine Electrical Engineering, Shipbuilding Institute of Polytechnic Surabaya, Surabaya;
rezafardiyan@student.ppns.ac.id

Abstrak: Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkit akhir beban. Salah satu permasalahan permasalahan pada Panel Hubung Bagi (PHB) adalah terjadinya perubahan tegangan yang fluktuatif serta gangguan yang ditimbulkan akibat pengembunan karena nilai kelembapan yang tinggi. Berdasarkan penelitian terdahulu, solusi untuk meminimalisir permasalahan tersebut adalah dengan adanya pengoptimalan suhu dan kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB). Sehingga pada penelitian ini meneliti tentang pengaruh kontrol fan dan heater terhadap suhu dan kelembapan Panel Hubung Bagi (PHB). Berdasarkan dari hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki rata-rata eror persentase pembacaan yang relatif kecil yaitu sensor MLX90614 adalah 3,22%; dan sensor SHT20 untuk pembacaan suhu ruang dan kelembapan secara berurutan adalah 2,30% dan 1,59%. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pengstabil suhu dan kelembapan Panel Hubung Bagi (PHB) yang dikembangkan mampu mengontrol suhu awal untuk mencapai set point dengan rentang waktu rata-rata selama 6 menit 04 detik. Alat tersebut juga dapat menurunkan kelembapan dari nilai setpoint high pada 90%RH menjadi setpoint low pada 50%RH dengan rentang waktu relatif cepat yaitu selama 5 menit. Untuk dapat lebih mengoptimalkan waktu penurunan suhu dan kelembapan, saran untuk kelanjutan penelitian ini adalah dengan memberi metode pengontrolan. Metode pengontrolan yang diberikan pada kontrol fan dapat membuat kinerja putaran fan dapat lebih optimal, sehingga suhu dalam panel dapat stabil. Lalu, metode pengontrolan pada heater dapat diharapkan membuat heater dapat mencapai setpoint nilai kelembapan dengan cepat, sehingga kelembapan panel dapat terjaga.

Kata Kunci: Panel Hubung Bagi (PHB), Suhu, Kelembapan, Kontrol Fan dan Heater.

1. Pendahuluan

Panel Hubung Bagi (PHB) adalah peralatan yang berfungsi menerima energi listrik dari PLN dan selanjutnya mendistribusikan, sekaligus mengontrol penyaluran energi listrik tersebut melalui sirkit panel utama dan cabang ke PHB cabang atau langsung melalui sirkit akhir beban yang berupa beberapa titik lampu dan kotak-kontak keperalatan listrik yang berada dalam bangunan [1]. Perangkat Hubung Bagi sendiri terdiri dari berbagai komponen seperti pemutus arus, kabel penghantar, dan alat ukur. Sumber panas pada Perangkat Hubung Bagi biasanya berasal dari komponen yang melebihi kapasitas beban. Panas yang terjadi dapat menghasilkan percikan api pada komponen. Selain suhu panas, kelembapan panel dapat menimbulkan bahaya, kelembapan yang

tinggi dapat menyebabkan pengembunan. Jika air embun tersebut mengenai komponen elektrikal dapat menyebabkan konslet.

Menurut data pada penelitian yang dilakukan oleh (Suherman and Riky, 2018) yang melakukan pengecekan pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah, didapatkan bahwa terjadi perubahan nilai tahanan kontak saat suhu naik. Dimana pada saat 28oC nilai tahanan masing-masing kontak R, S, T, adalah 130 $\mu\Omega$; 169 $\mu\Omega$; 151 $\mu\Omega$ dan pada saat 29oC nilai tahanan masing-masing kontak R, S, T, adalah 127,3 $\mu\Omega$; 163,9 $\mu\Omega$; 164,5 $\mu\Omega$ [2]. Kubikel 20KV Berbasis Internet Of Things. Berdasarkan penelitian dari Rahman dan Broto dalam jurnal yang berjudul "Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Udara pada Kubikel 20KV Berbasis Internet Of Things", salah satu cara untuk mengoptimalkan nilai suhu dan kelembapan pada sebuah panel adalah dengan menggunakan fan dan heater [3].

Penelitian ini menggunakan penelitian sebelumnya sebagai acuan dan melakukan pengembangan dari penelitian tersebut. Pada tahun 2018 dilakukan penelitian oleh Muzakki yang meneliti alat pendeteksi debu pada panel [4]. Pada penelitian tersebut menggunakan sensor debu untuk mendeteksi debu pada ruang panel dan menggunakan kipas untuk membersihkan ruang panel dari debu. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sanaji dan Azhari menggunakan kipas untuk mengontrol suhu ruangan pada panel [5]. Lalu, penelitian lain yang berfokus pada kubikel tegangan menengah yang dilakukan oleh Lestari dkk. menggunakan heater yang dikontrol untuk mengontrol nilai kelembapan kubikel tegangan menengah [6].

1. Dari permasalahan yang ada, penulis ingin membuat tugas akhir prototype penstabil kinerja panel hubung bagi berbasis PLC. Sistem tersebut dapat melakukan pengontrolan suhu dan kelembapan, sehingga suhu dan kelembapan pada panel hubung bagi dapat optimal. Pengoptimalan suhu dan kelembapan tersebut dapat mengurangi terjadinya perubahan tegangan yang fluktuatif yang disebabkan menurunnya nilai tahanan kontak serta gangguan yang ditimbulkan akibat pengembunan karena nilai kelembapan. **Metode dan Material**

A. Material

1) Perlengkapan Hubungi Bagi

Perlengkapan Hubung Bagi istilah umum yang mencakup gawai sakelar dan kombinasinya dengan perlengkapan kendali, ukur, proteksi dan pengatur terkait, juga rakitan gawai dan perlengkapan tersebut dengan interkoneksi, lengkapan, selungkup dan struktur penyangga terkait, yang dimaksudkan secara prinsip untuk penggunaan dalam pembangkitan, transmisi, distribusi dan konversi energi listrik [7]. Sedangkan Perlengkapan Hubung Bagi dan Kendali merupakan perlengkapan listrik yang dimaksudkan untuk dihubungkan ke sirkuit listrik untuk keperluan melaksanakan satu fungsi atau lebih berikut: proteksi, kendali, isolasi, penyakelaran switchgear and controlgear [7].

Perlengkapan hubung bagi salah satunya adalah panel hubung bagi. Panel hubung bagi merupakan perlengkapan hubung bagi yang pada tempat pelayanannya berbentuk suatu panel atau kombinasi panel-panel, terbuat dari bahan konduktif atau tidak konduktif yang dipasang pada suatu rangka yang dilengkapi dengan perlengkapan listrik seperti sakelar, kabel dan rel serta peralatan proteksi [8].

2) Standar Suhu dan Kelembapan pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR)

Berdasarkan SPLN D3.020-1:2019 pada bagian nomor tentang kondisi pelayanan bahwa kondisi pelayanan normal adalah sebagai berikut [9]:

1. Pasangan dalam;
2. Suhu udara sekitar tidak melebihi 40°C dan suhu rata-ratanya sepanjang 24 jam tidak melebihi 35°C;

3. Kelembapan relatif rata-rata diukur selama 24 jam tidak melebihi 95% dan kelembapan relatif rata-rata diukur selama satu bulan tidak melebihi 90%;
4. Ketinggian tempat pemasangan tidak melebihi 1000 meter dari permukaan air laut.

Berdasarkan PUIL 2011 arus yang dihantarkan oleh setiap konduktor untuk periode berkesinambungan selama operasi normal harus sedemikian sehingga batas suhu yang sesuai yang ditentukan dalam Tabel 1 [7].

Tabel 1. Suhu operasi maksimum untuk jenis insulasi

No.	Jenis Insulasi	Batas Suhu (°C)
1.	Polivinil klorida (PVC)	70
2.	Polietilen ikat silang (XLPE) dan karet propilen etilen (EPR)	90
3.	Mineral (ditutup PVC atau polos dapat disentuh)	70
4.	Mineral (polos tidak dapat disentuh dan tidak kontak dengan bahan yang mudah terbakar)	105

3) PLC

PLC merupakan suatu perangkat electronic digital dengan memori yang diproduksi oleh Scheneider dan dapat diprogram untuk menyimpan instruksi-instruksi yang menjalankan fungsi-fungsi spesifikasi seperti: logika, sekuen, timing, aritmatika dan counting untuk mengontrol suatu mesin di industri. Dalam mengeksekusi program, memerlukan waktu scan untuk siklus eksekusi. Waktu scan ini terdiri dari beberapa proses, yakni pembacaan masukan, proses program dan pengeluaran keluaran. Proses pemasukan masukan merupakan proses membaca modul *input* yang digunakan. Proses program merupakan proses PLC dalam mengolah data *input* sesuai dengan program yang dibuat. Proses pengeluaran keluaran dalam proses PLC dalam mengeluarkan data yang akan dikeluarkan pada PLC. Dan semua proses ini dikeluarkan berurutan dan akan selalu berulang [10].

4) Sensor SHT20

Sensor kelembapan dan suhu SHT20 dari Sensirion telah menjadi standar industri dalam hal faktor bentuk dan kecerdasan. Sensor SHT20 berisi sensor kelembapan tipe kapasitif, sensor suhu tipe celah pita, dan sirkuit terintegrasi analog dan digital khusus – semuanya dalam satu chip CMOSens® [11]. Pembacaan sensor SHT20 dalam pembacaan tingkat kelembapan adalah pada range 0 – 100 %RH dengan tingkat akurasi ±3.0 %RH [11]. Sedangkan dalam pembacaan nilai temperatur adalah pada range -40 – 125 °C dengan tingkat akurasi ±0.3 °C [11].

5) Sensor MLX90614

Sensor suhu MLX90614 merupakan termometer inframerah untuk pengukuran suhu tanpa bersentuhan objek. Sensor ini terdiri chip detector yang peka terhadap suhu berbasis inframerah dan pengondisian sinyal ASSP yang mana terintegrasi dengan TO-39. Sensor ini didukung dengan penguat berderau rendah, ADC 17 bit, unit DSP dan thermometer yang memiliki akurasi dan resolusi tinggi [12]. Termometernya terkalibrasi dengan *output* digital dari PWM dan SMBus [12]. Sebagai PWM 10 bit akan menunjukkan perubahan suhu yang akan diukur secara terus menerus dengan jangkauan suhu pada sensor -40°C sampai dengan 120°C dan jangkauan objek dari - 70°C sampai dengan -380°C [12].

6) Heater

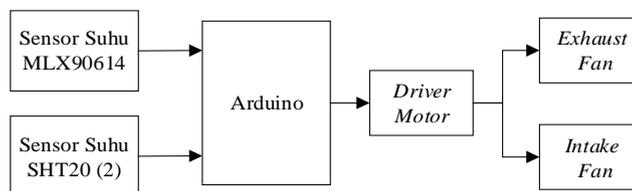
Elemen pemanas adalah elemen yang memiliki resistansi tinggi, kemudian dialiri listrik dan menghasilkan panas. Elemen panas yang digunakan dibedakan menjadi dua yaitu elemen pemanas bentuk awal dan elemen pemanas bentuk lanjutan. Elemen pemanas bentuk lanjutan sudah mengalami pengembangan, seperti penambahan lapisan logam pipa ataupun lembaran plat pada badan elemen pemanas [13].

7) Motor Driver L298N

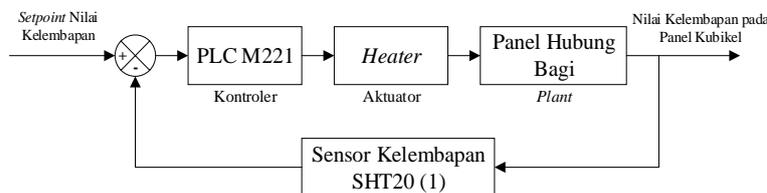
Motor Driver L298N merupakan modul motor driver ganda atau memiliki 2 *output*. Sehingga motor driver jenis dapat mengontrol 2 motor sekaligus hingga 2A. Motor driver L298N juga dapat dihubungkan dengan sakelar manual sederhana, gerbang logika TTL, relay, dll. Modul ini juga dilengkapi dengan indikator LED daya, regulator +5V on-board, dan dioda perlindungan [14].

2. Metode

Metode kontrol yang digunakan dalam sistem pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi tegangan rendah dibagi menjadi 2 yaitu metode pengontrolan pada *fan* dan metode pengontrolan pada *heater*. *Input* dari sistem kontrol tersebut adalah sensor MLX90614 dan sensor SHT20. Sedangkan *Output* dari sistem kontrol adalah Exhaust *Fan*, Intake *Fan*, dan *Heater*.



Gambar 1. Diagram Blok Kontrol Fan



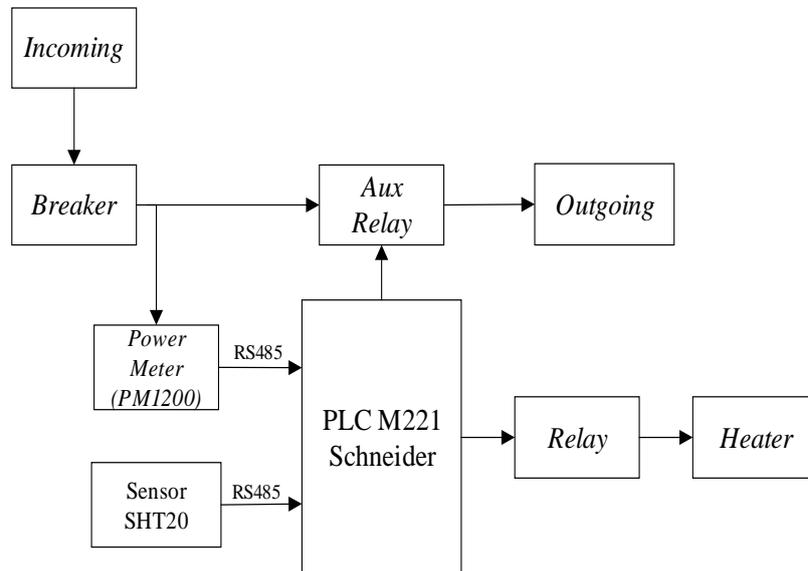
Gambar 2. Diagram Blok Kontrol Heater

Pengontrolan *fan* menggunakan metode LOGIKA 'IF' sederhana dalam mengontrol kecepatan kipas. Akan ada beberapa nilai suhu yang akan menjadi setpoint acuan pengontrolan kecepatan kipas. Setpoint acuan pada pengontrolan kipas diambil berdasarkan PUIL 2011 yakni 30°C, 35°C, dan 40°C [7]. Sehingga kipas akan terus beroperasi namun dengan kecepatan yang bervariasi tergantung pada nilai suhu dalam panel. Pengontrolan *heater* dilakukan dengan menggunakan metode on/off otomatis. Sehingga, hanya ada 2 nilai setpoint yakni setpoint low senilai 60%RH dan setpoint high senilai 95%RH yang mengontrol kerja *heater*.

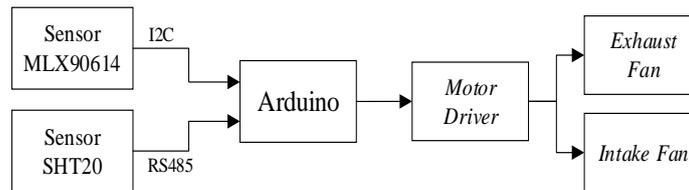
Tabel 2. Kondisi *Input* dan *Output* saat pengontrolan

Kondisi <i>Input</i>	Kondisi <i>Output</i>
Suhu ≤ 30°C	Kecepatan <i>Fan</i> = 600 RPM
30°C < Suhu < 35°C	Kecepatan <i>Fan</i> = 1200 RPM
35°C < Suhu < 40°C	Kecepatan <i>Fan</i> = 1800 RPM
Suhu ≥ 40°C	Kecepatan <i>Fan</i> = 2300 RPM
Kelembapan > 95%RH	<i>Heater</i> ON
Kelembapan < 60%RH	<i>Heater</i> OFF

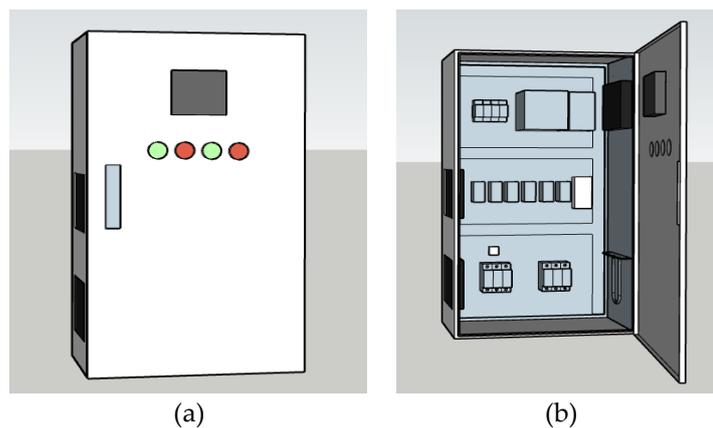
Dengan mengacu pada diagram blok pada Gambar 1 dan Gambar 2, maka diagram blok perencanaan sistem dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4. Dikarenakan sistem pengontrolan dalam alat ini menggunakan 2 sistem, maka sistem pengontrolannya juga dibagi menjadi 2 sistem.



Gambar 3. Perancangan dan Desain Sistem pada PLC



Gambar 4. Perancangan dan Desain Sistem pada Arduino



Gambar 5. Perancangan Mekanik: (a) Tampak Luar ; (b) Tampak Dalam

Pada perancangan alat pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB) ini terdiri dari sensor MLX90614, sensor SHT20, PLC, mikrokontroler arduino, relai, motor driver L298N dan exhaust fan serta intake fan. Adapun desain sistem alat pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB) pada sistem PLC dapat dilihat pada Gambar 3 dan desain sistem alat pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB) pada sistem Arduino dapat dilihat pada Gambar 4. Serta komponen pada Gambar 5 (a) dan Gambar 5 (b) adalah Power Meter, Push Button ON, Push

Button OFF, Lampu OFF, Lampu ON, PLC, Power Supply, Exhaust Fan, MCB 1 Phase, Relai, Intake Fan, Sensor MLX90614, Sensor SHT20, Heater, MCB 3 Phase.

3. Hasil dan Analisis

Pada penelitian ini dilakukan pengujian tingkat kehandalan sistem pengstabil suhu dan kelembapan panel hubung bagi (PHB). Pengujian dilakukan menjadi 2 bagian yaitu pengujian kalibrasi pada tiap sensor dan aktuator yang digunakan dan pengujian sistem yang telah terintegrasi semua komponennya. Pengujian dilakukan pada laboratorium instrumentasi dan laboratorium mesin listrik Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

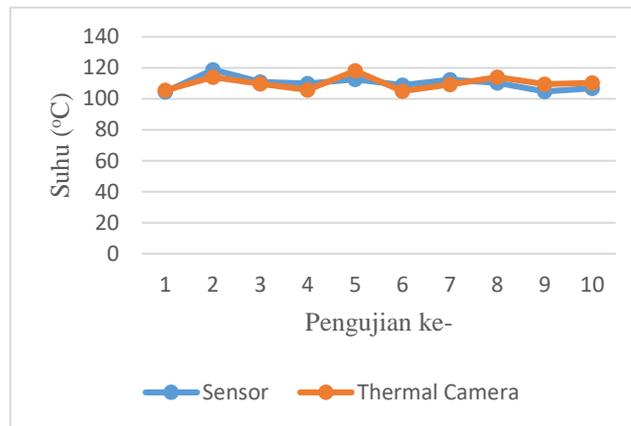
3.1. Kalibrasi Sensor MLX90614

Pengujian sensor suhu objek MLX90614 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan MLX90614 pada suhu suatu objek. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan pembacaan MLX90614 dengan pembacaan Camera Thermal Krisbow. Data yang didapatkan dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Pembacaan Suhu Objek MLX90614

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Alat Ukur (°C)	Error (%)
1	104,48	105,6	1,06
2	118,83	114,1	4,15
3	110,89	109,7	1,08
4	109,83	105,7	3,91
5	112,61	118,1	4,65
6	108,97	105	3,78
7	112,46	109,3	2,89
8	110,38	114,1	3,26
9	104,72	109,5	4,37
10	106,9	110,3	3,08
Rata-rata	110,01	110,14	3,22

Berdasarkan data pada Tabel 3 dapat diketahui bahwa rata-rata pembacaan sensor adalah 110,01 °C dan rata-rata pembacaan multimeter 110,14 °C. Rata-rata error persentase yang dihasilkan adalah senilai 3,22%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor MLX90614 dapat beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 6. Grafik Pembacaan Suhu Objek oleh Sensor dan Thermal Camera

3.2. Kalibrasi Sensor SHT20

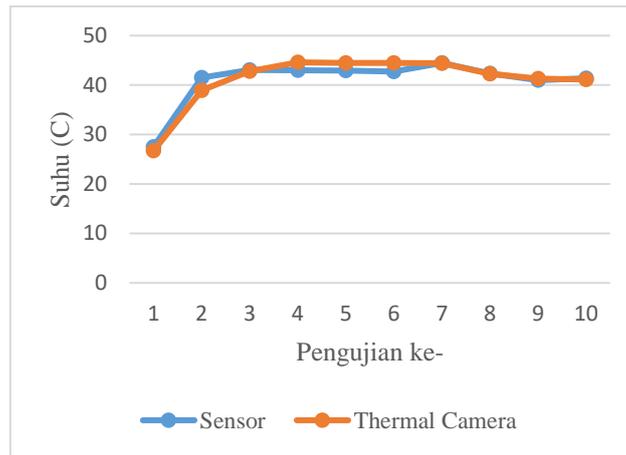
Sensor SHT20 dalam tugas akhir ini digunakan sebagai pembaca suhu ruangan dan kelembapan pada panel hubung bagi. Pengujian yang dilakukan terdiri dari kalibrasi pembacaan suhu ruangan dan pembacaan kelembapan. Berikut merupakan hasil kalibrasi sensor SHT20.

A. Kalibrasi Nilai Suhu Ruangan Pembacaan Sensor

Pengujian sensor suhu ruangan SHT20 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan SHT20 pada suhu ruangan. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan pembacaan MLX90614 dengan pembacaan Camera Thermal Krisbow. Alat yang digunakan untuk menaikkan suhu ruang panel pada saat pengujian adalah *hair dryer*. Data dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Pembacaan Suhu Ruangan SHT20

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (°C)	Pembacaan Alat Ukur (°C)	Error (%)
1	27,52	26,7	3,07
2	41,51	38,9	6,71
3	43,03	42,8	0,54
4	42,96	44,6	3,68
5	42,95	44,5	3,48
6	42,73	44,5	3,98
7	44,47	44,4	0,16
8	42,33	42,3	0,07
9	41,02	41,3	0,68
10	41,37	41,1	0,66
Rata-rata	41,37	41,11	2,30



Gambar 7. Grafik Pembacaan Suhu Ruang oleh Sensor dan Thermal Camera

Berdasarkan data pada Tabel 4 dapat diketahui bahwa rata-rata pembacaan sensor adalah 38,36 °C dan rata-rata pembacaan multimeter 40,57 °C. Rata-rata error persentase yang dihasilkan adalah senilai 5,23%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor SHT20 dalam membaca suhu ruang panel beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.

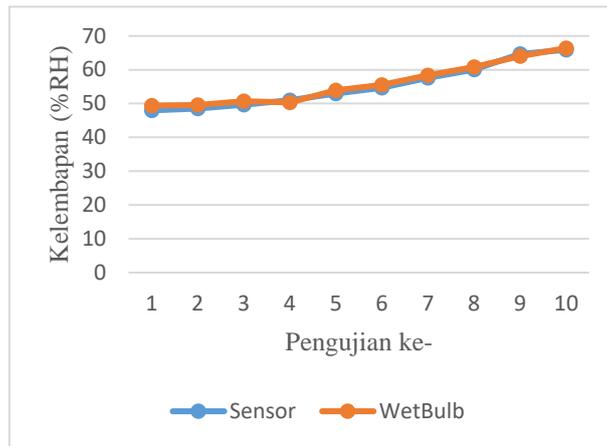
B. Kalibrasi Nilai Kelembapan Pembacaan Sensor

Pengujian sensor kelembapan SHT20 bertujuan untuk mengetahui keakuratan pembacaan SHT20 pada kelembapan ruangan. Metode pengujian yang digunakan adalah dengan membandingkan pembacaan SHT20 dengan pembacaan WetBulb. Data dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Pengujian Pembacaan Kelembapan SHT20

Pengujian ke-	Pembacaan Sensor (%RH)	Pembacaan Alat Ukur (%RH)	Error (%)
1	48	49,4	2,83
2	48,5	49,6	2,22
3	49,7	50,7	1,97
4	51	50,3	1,39
5	53	53,9	1,67
6	54,7	55,5	1,44
7	57,6	58,4	1,37
8	60,1	60,8	1,15
9	64,7	64	1,09
10	65,9	66,4	0,75
Rata-rata	55,32	55,9	1,59

Berdasarkan data pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa rata-rata pembacaan sensor adalah 55,32%RH dan rata-rata pembacaan WetBulb adalah 55,9%RH. Rata-rata error persentase yang dihasilkan adalah senilai 1,59%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sensor SHT20 dalam membaca kelembapan panel dapat beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 8. Grafik Pembacaan Suhu Ruang oleh Sensor dan Thermal Camera

3.3. Kalibrasi Motor Driver L298N

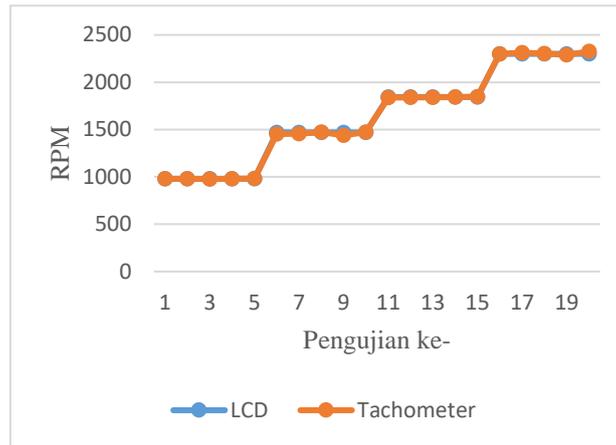
Tabel 6. Hasil Pengujian Motor *Driver* L298N

No.	Tampilan LCD (PWM)	Pembacaan LCD (RPM)	Pembacaan Alat Ukur (RPM)	Persentase Error (%)
1.	100	980	979,1	0,09
2.		980	981,3	0,13
3.		980	977,3	0,28
4.		980	981,1	0,11
5.		980	984,6	0,47
6.	150	1470	1452	1,24
7.		1470	1455	1,03
8.		1470	1471	0,07
9.		1470	1440	2,08
10.		1470	1471	0,07
11.	200	1843	1837	0,33
12.		1843	1840	0,16
13.		1843	1839	0,22
14.		1843	1842	0,05
15.		1843	1847	0,22
16.	255	2300	2298	0,09
17.		2300	2314	0,61
18.		2300	2301	0,04
19.		2300	2290	0,44
20.		2300	2325	1,08
Rata-rata persentase error (%)				0,44

Motor Driver L298N dalam tugas akhir ini digunakan sebagai pengontrol kecepatan intake *fan* dan exhaust *fan*. Pengontrolan dilakukan berdasarkan sinyal PWM yang dikirimkan Motor Driver

L298N. Pengujian yang dilakukan adalah kalibrasi pembacaan PWM yang dikirimkan pada Motor Driver L298N dengan *output* tegangan yang dihasilkan Motor Driver L298N. Data dalam pengujian dapat dilihat dalam Tabel 6.

Berdasarkan data pada Tabel 4,11 dapat diketahui bahwa Motor Driver L298N dapat melakukan kontrol kecepatan motor berdasarkan PWM dari microcontroller Arduino. Perbandingan RPM yang diperoleh dari mapping PWM pada Arduino dengan RPM hasil pembacaan tachometer menghasilkan rata-rata -error persentase adalah senilai 0,44%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa aktuatur Motor Driver L298N beroperasi dengan baik dan layak untuk digunakan.



Gambar 9. Grafik Pemberian PWM dan Pembacaan RPM oleh Alat Ukur

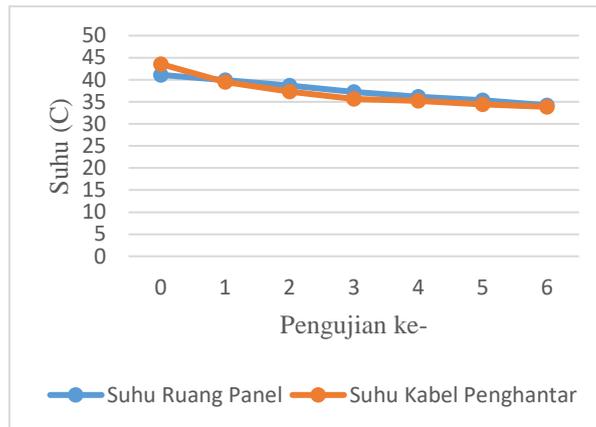
3.4. Hasil Pengujian Pengontrolan Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Pengujian pertama ini dilakukan dengan memodifikasi suhu panel sehingga panel dalam kondisi panas dengan nilai suhu 41,11°C. Sedangkan nilai suhu kabel penghantar dari *incoming* yaitu 43,57°C. Pada saat pengujian nilai suhu sekitar panel yaitu 34°C. Berikut adalah data yang diperoleh saat pengujian yang akan ditampilkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Pengontrolan Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Suhu Awal Ruang Panel (°C)	Suhu Awal Kabel Penghantar (°C)	Menit ke-	Suhu Akhir Ruang Panel (°C)	Suhu Akhir Kabel Penghantar (°C)
41,11	43,57	0	41,11	43,57
		1	39,89	39,47
		2	38,68	37,33
		3	37,27	35,63
		4	36,16	35,22
		5	35,35	34,43
		6	34,23	33,87

Berdasarkan Tabel 7, hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 10. Hai ini bertujuan untuk melihat lebih jelas perbandingan penurunan suhu panel pada saat pengujian dengan pengontrolan kecepatan *fan*.



Gambar 9. Grafik Penurunan Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Selain dilakukan pengujian untuk melihat penurunan suhu tiap menitnya. Dilakukan juga beberapa pengujian untuk mendapatkan perbandingan berapa waktu yang dibutuhkan untuk *fan* menurunkan suhu hingga setpoint suhu, Setpoint suhu panel yang diinginkan yaitu 34°C.

Tabel 8. Hasil Pengujian Waktu Mencapai Setpoint Suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Suhu Awal Panel (C)	Set Point Suhu Panel (C)	Waktu yang Dibutuhkan
41,11	34	6 menit 12 detik
40,95		5 menit 49 detik
41,03		6 menit 05 detik
41,21		6 menit 23 detik
41,01		5 menit 53 detik
Rata-rata		6 menit 04 detik

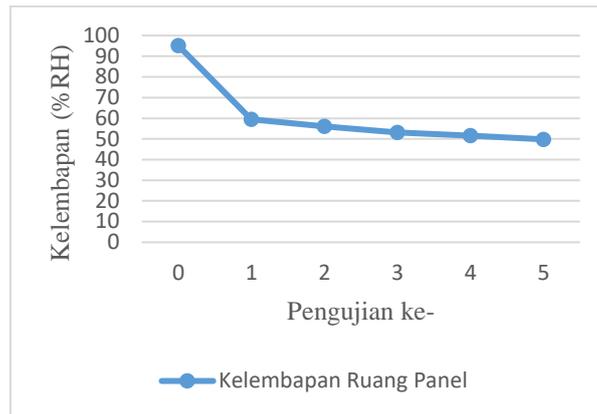
3.5. Hasil Pengujian Pengontrolan Kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Pada alat ini *heater* dikontrol dengan relai dan akan beroperasi jika kelembapan diatas kelembapan normal yaitu 95%RH. *Heater* akan off ketika kelembapan normal kembali atau dibawah setpoint dengan nilai 60%RH. Pengujian ini dilakukan dengan memodifikasi nilai kelembapan panel hingga mencapai nilai diatas set point, lalu melihat kondisi *heater*.

Tabel 9. Hasil Pengujian Pengontrolan Kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB)

Kelembapan Awal Ruang Panel (%RH)	Kondisi <i>Heater</i>	Menit ke-	Kelembapan Akhir Ruang Panel (%RH)
95,14	ON	0	95,14
	ON	1	59,49
	ON	2	56,05
	ON	3	53,15
	ON	4	51,63
	OFF	5	49,79

Berdasarkan Tabel 9, hasil pengujian dalam bentuk grafik dapat dilihat pada Gambar 11. Hai ini bertujuan untuk melihat lebih jelas perbandingan penurunan kelembapan panel pada saat pengujian dengan pengontrolan *heater*.



Gambar 10. Grafik Penurunan Kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB)

4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian kalibrasi terhadap *input* dan *output*, didapatkan hasil perbandingan pembacaan semua sensor *input* yakni sensor MLX90614 dan sensor SHT20 untuk membaca suhu dan kelembapan menghasilkan error persentase secara berurutan adalah 3,22%; 2,30%; 1,59%. Sedangkan *output* berupa aktuator *motor driver* menghasilkan error presentase senilai 0,44% saat uji coba kalibrasi. Hal ini membuktikan bahwa komponen *input* dan *output* yang digunakan masih layak dipakai karena hasil error presentase yang dihasilkan masih dibawah nilai toleransi yang diberikan yaitu sebesar 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 7, pada pengujian terjadi penurunan suhu panel yang signifikan dari 41,11°C hingga menjadi 34,23°C dalam waktu 6 menit, hal itu dikarenakan adanya kontrol *fan* pada panel yang digunakan sebagai sirkulasi udara pada ruang panel. Sehingga sirkulasi tersebut dapat menurunkan suhu pada ruang panel hingga mencapai suhu sekitar panel ataupun dibawah suhu suhu sekitar panel. Sedangkan untuk suhu kabel penghantar juga terlihat penurunan yang signifikan dari 43,57°C hingga menjadi 33,87°C dalam waktu 6 menit. Hal ini disebabkan pada saat awal mula pengujian, suhu ruang panel sangat panas dan menyebabkan suhu kabel penghantar juga ikut memanas. Namun dengan adanya sirkulasi udara yang disebabkan oleh *fan* yang telah dikontrol kecepatannya, maka suhu kabel penghantar juga menurun. Data-data tersebut membuktikan bahwa dengan adanya pengontrolan *fan* pada panel, dapat mengontrol suhu pada panel. Lalu, dengan adanya pengontrolan *fan* secara *continue* maka dapat mengstabilisasi suhu pada ruang Panel Hubung Bagi (PHB). Keefektifan *fan* sebagai media pencipta sirkulasi pada panel dibuktikan pada Tabel 8 dengan rata-rata hasil waktu untuk mengubah suhu awal panel mencapai set point 34°C adalah selama 6 menit 04 detik.

Berdasarkan data pada Tabel 9 didapatkan bahwa *heater* akan beroperasi saat melebihi set point yakni 90%RH. *Heater* akan terus aktif sampai set point low senilai 50%RH telah tercapai. Penurunan kelembapan terjadi saat kelembapan awal panel adalah 95,14%RH sampai kelembapan akhir panel adalah 49,79%RH. Dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai kelembapan 49,79%RH dari yang awalnya 95,14% adalah selama 5 menit. Berdasarkan grafik pada Gambar 10, penurunan kelembapan sangat signifikan terjadi saat menit ke 0 sampai 1. Sedangkan pada menit 1-5 penurunan kelembapan panel terlihat kecil, itu dikarenakan kelembapan sekitar panel berada di nilai 65%RH, sehingga kelembapan panel dan suhu busbar ketika terjadi pemanasan oleh *heater* tidak akan jauh berbeda dengan kelembapan sekitar.

5. Kesimpulan

Nilai suhu pada Panel Hubung Bagi (PHB) dapat dikontrol dengan menggunakan *fan* yang akan membuat sirkulasi udara pada Panel Hubung Bagi (PHB). Sedangkan dalam mengontrol tingkat kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB) adalah dengan kontrol *heater*. Berdasarkan dari hasil pengujian kalibrasi menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki rata-rata error persentase

pembacaan yang relatif kecil yaitu sensor MLX90614 adalah 3,22%; dan sensor SHT20 untuk pembacaan suhu ruang dan kelembapan secara berurutan adalah 2,30% dan 1,59%. Dan motor driver yang digunakan juga dapat memberikan kontrol RPM yang sesuai *fan* dengan rata-rata eror persentase senilai 0,44%. Berdasarkan hasil pengujian, dapat disimpulkan bahwa alat pengstabil suhu dan kelembapan pada Panel Hubung Bagi (PHB) yang dikembangkan mampu mengontrol suhu awal untuk mencapai set point dengan rentang waktu yang relatif cepat yaitu rata-rata selama 6 menit 04 detik. Lalu, dalam melakukan pengontrolan kelembapan Panel Hubung Bagi (PHB), alat tersebut dapat menurunkan kelembapan dari nilai setpoint high pada 90%RH menjadi setpoint low pada 50%RH dengan rentang waktu relatif cepat yaitu selama 5 menit.

Saran yang dapat dilakukan untuk kelanjutan penelitian (*future study*) adalah dengan menambahkan metode pengontrolan pada kontrol *fan* dan kontrol *heater*. Metode pengontrolan yang diberikan pada kontrol *fan* dapat membuat kinerja putaran *fan* dapat lebih optimal, sehingga suhu dalam panel dapat stabil. Lalu, metode pengontrolan pada *heater* dapat diharapkan membuat *heater* dapat mencapai *setpoint* nilai kelembapan dengan cepat, sehingga kelembapan panel dapat terjaga.

6. Referensi

- [1] I. G. S. Sudaryana, "Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (Phb) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 12, no. 2, 2015.
- [2] E. Suherman and B. Riky, "Pengujian Kenaikan Suhu Pada Perangkat Hubung Bagi Tegangan Rendah Di Lembaga Masalah Kelistrikan," vol. VIII, no. 1, pp. 1–14, 2018.
- [3] M. G. A. Rahman and S. Broto, "Perancangan Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Udara pada Kubikel 20KV Berbasis Internet of Things (IoT)," *J. Maest.*, vol. 3, no. 2, pp. 440–450, 2020.
- [4] D. S. Muzakki, "Rancang Bangun Monitoring Temperatur Pendeteksi Debu pada Panel Berbasis Arduino Uno," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2018.
- [5] R. Sanaji and R. D. Azhari, "Perancangan Monitoring dan Kontrol Temperatur dan Kelembaban Udara Ruang Kontrol Panel Menggunakan Raspberry Pi 2 Berbasis IoT," *J. Media Elektr.*, vol. 11, no. 2, pp. 85–96, 2018.
- [6] M. Y. Pratama and N. Fithri, "Prototype Sensor Suhu pada Sistem Monitoring Kubikel Berbasis Arduino," *Bina Darma Conf. Eng. Sci.*, vol. 2, pp. 176–185, 2020.
- [7] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2011*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2011.
- [8] Badan Standarisasi Nasional, *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2000*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional, 2000.
- [9] PT. PLN, *Perangkat Hubung Bagi Tegangan Menengah*. Jakarta Selatan: PT. PLN (Persero), 2019.
- [10] A. M. Burhanuddin, "Rancang Monitoring Automatic Transfer Switch (ATS) Automatic Main Failure (AMF) Berbasis PLC dan HMI," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2021.
- [11] Sensirion AG, "Digital Humidity Sensor SHT2x (RH/T)," *Online*, 2014. [Online]. Available: http://www.sensirion.com/en/01_humidity_sensors/05_humidity_sensor_sht21/00_humidity_sensor_sht21.html. [Accessed: 27-Nov-2021].
- [12] I. Inayah, "Analisis Akurasi Sistem Sensor IR MLX90614 dan Sensor Ultrasonik berbasis Arduino terhadap Termometer Standar," *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 4, pp. 428–434, 2021.
- [13] A. H. Prasetyo, "Sistem Peringatan Dini dan Perawatan pada Kubikel Tegangan Menengah," Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 2021.
- [14] Handson Technology, "L298N Dual H-Bridge Motor Driver," *Handson Technology*, 2019. [Online]. Available: <https://handsontec.com/index.php/product/l298n-dual-h-bridge-dc-motor-driver-module/>.

[Accessed: 03-Dec-2021].



© 2019 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).