

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAU SUHU BEARING MOTOR UNTUK POMPA SIRKULASI AIR BERBASIS IOT

I.G.W. Artana¹, W.G. Ariastina², I.N.S. Kumara³

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

^{2,3}Dosen Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Udayana

Jalan Raya Kampus Unud, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

Email: winduartana0305@gmail.com¹

ABSTRAK

Pentingnya pemantauan suhu *bearing* motor pada pompa sirkulasi air secara rutin untuk mencegah terjadinya kegagalan operasi pompa sirkulasi air akibat dari kerusakan *bearing*. Operator dalam memantau suhu *bearing* motor secara manual menggunakan alat ukur Flir dengan potensi bahaya area kerja yaitu terpeleset, terjatuh dan tersengat listrik. Atas dasar pemikiran tersebut penerapan sebuah sistem pemantau suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air berbasis IoT secara *real time* sangat diperlukan. Perancangan purwarupa ini menggunakan perangkat keras yaitu mikrokontroler ESP32 dan sensor MLX90614-BCC sedangkan perangkat lunak yang digunakan yaitu *blynk* dan *google spreadsheet*. Kalibrasi sensor MLX90614-BCC dilakukan menggunakan metode regresi linier untuk menyesuaikan nilai sensor terhadap alat ukur Flir TG167 sehingga dapat memperkecil persentase penyimpangan pembacaan suhu. Hasil dari perancangan purwarupa ini mampu membaca suhu *bearing* dengan baik yang terintegrasi dengan aplikasi *blynk* pada *smartphone* dengan menampilkan nilai suhu dalam bentuk angka dan grafik serta dilengkapi dengan notifikasi. Purwarupa yang dibangun memiliki rata-rata penyimpangan pengukuran pada sensor DE sebesar 0,32 % dan sensor NDE sebesar 0,3 %. Penyimpanan data suhu pada *google spreadsheet* dengan jumlah data yang dapat disimpan sebanyak 1.666.666 data. Kesimpulan penelitian ini berhasil merancang dan membuat purwarupa sistem pemantau suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air berbasis IoT. Pengujian unjuk kerja dari purwarupa dapat bekerja dengan baik. Hasil penerapan purwarupa pada *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air didapatkan suhu *bearing* DE dan *bearing* NDE masih dibawah 55 °C dan tidak adanya notifikasi pada *smartphone* yang menandakan kondisi *bearing* motor pompa sirkulasi air masih dalam keadaan normal.

Kata kunci : IoT, Suhu, MLX90614-BCC

ABSTRACT

The importance of monitoring the temperature of the motor bearing on the water circulation pump on a regular basis to prevent pump operation failures due to bearing. The operator monitors the temperature bearing manually using a Flir measuring instrument with potential hazards in the work area namely slipping, falling and electrocution. On this basis, IoT based bearing monitoring system for circulation water pump in real time is very necessary. The design of this prototype uses hardware such as ESP32 microcontroller and MLX90614-BCC sensor, while the software used are blynk and google spreadsheet. The MLX90614-BCC sensor calibration uses a linear regression method to adjust the sensor value to the Flir TG167 so as to minimize deviations in temperature readings. The results of this prototype are able to read temperature bearing well which are integrated with the blynk on smartphones by displaying temperature values in the form of numbers and graphs and also equipped with a notification. The prototype that was built had an average measurement deviation of 0.32% on the DE sensor and 0.3% on the NDE sensor. Storage of temperature data on google spreadsheet with the amount of data that can be stored as much as 1,666,666 data. The conclusion of the research is that it has succeeded in designing and manufacturing a prototype IoT based bearing monitoring system for circulation water pump. Testing the performance of the prototype can

work well. The results of the prototype test on bearing for the water circulation pump showed that DE and NDE bearing temperatures were still below 55 °C and there was no notification on the smartphone which indicates the motor bearing is still in normal condition.

Key Words : IoT, Temperature, MLX90614-BCC

1. PENDAHULUAN

Pada suatu industri Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) salah satu peralatan kritical yaitu pompa sirkulasi air. Pompa sirkulasi air merupakan pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan air laut sebagai air pendingin guna mengkondensasikan uap sisa turbin menjadi air kembali di dalam kondensor. Apabila terjadi kegagalan operasi pada pompa sirkulasi air akan dapat menyebabkan unit pembangkit trip.

Pompa sirkulasi air pada PLTU Jeranjang menggunakan motor induksi 3 fasa. Bagian-bagian dari motor induksi yang paling rentan mengalami kerusakan yaitu kerusakan pada *bearing*, belitan stator, batang rotor, dan shaft. Setiap kesalahan yang terjadi menyebabkan motor mengalami kerusakan jika tidak ditangani tepat waktu [1].

Bearing berguna untuk mereduksi gesekan antara poros yang berputar dan rumah *bearing* yang menahannya. Terjadinya kerusakan pada *bearing* akan mengakibatkan lonjakan suhu pada *bearing* dan pada saat bersamaan juga terjadinya peningkatan getaran [2]. Kenaikan suhu pada *bearing* akan menyebabkan hilangnya efek pelumasan dari grease base karena oil penguapan dan efek pelumasannya akan hilang [3].

Untuk mencegah terjadinya kegagalan operasi pompa sirkulasi air akibat dari kerusakan *bearing* maka dilakukan pemantauan secara rutin oleh operator lokal setiap 2 jam sekali. Tetapi, operator kadang kala memiliki kesibukan lain sehingga mengakibatkan terlambatnya melakukan pemantauan suhu *bearing* motor.

Operator lokal dalam memantau suhu *bearing* menggunakan *digital infrared thermometer* secara manual dengan

mengarahkannya ke bagian *bearing* dari motor. Ada beberapa potensi bahaya yang timbul ketika melakukan pemantauan suhu *bearing* motor secara manual menggunakan *digital infrared thermometer* yaitu adanya potensi bahaya terjatuh, terpeleset dan tersengat listrik mengingat kondisi area pompa yang lembab dan motor pompa bertegangan 6,3 kV.

Dengan demikian penelitian ini akan dirancang sebuah alat yang digunakan untuk memantau suhu *bearing* motor pompa sirkulasi air secara *real time* sehingga dapat memantau kondisi suhu *bearing* motor dari jarak jauh dan waktu yang tidak terbatas serta dapat menghilangkan potensi bahaya di area kerja ketika melakukan pemantauan suhu *bearing*.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 *Circulation Water Pump*

Pada suatu industri pembangkitan (PLTU) salah satu komponen kritical yaitu *Circulation Water Pump* (CWP) atau pompa sirkulasi air. CWP merupakan pompa yang digunakan untuk mensirkulasikan air laut sebagai air pendingin guna mengkondensasikan uap sisa turbin menjadi air kembali di dalam kondensor.

2.2 *Motor Induksi 3 Fasa*

Motor induksi 3 fasa merupakan salah satu jenis motor listrik yang merubah energi listrik menjadi energi gerak berupa putaran yang mempunyai slip antara medan stator dan rotor dengan sumber tegangan 3 fasa. Motor induksi ini merupakan motor arus bolak balik yang paling banyak digunakan dalam industri dengan skala besar dan kecil maupun dalam rumah tangga. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa arus rotor motor ini

bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (rotating magnetic field) yang dihasilkan oleh arus stator [4].

2.3 Bearing

Bearing adalah elemen mekanis yang digunakan untuk membatasi gerakan antara dua atau lebih bagian mekanis sehingga dapat selalu dapat bergerak ke arah yang diinginkan. Fungsi utama *bearing* adalah untuk mengurangi gesekan antara dua benda yang bergerak yaitu poros dengan sumbu putar. Disamping itu juga *bearing* berfungsi sebagai tumpuan untuk memutar benda [5].

2.4 ESP 32

ESP 32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System* merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things* [6].

2.5 Sensor MLX90614-BCC

MLX90614-BCC adalah sebuah modul termometer inframerah yang didesain supaya dapat melakukan pengukuran temperature obyek tanpa harus menyentuh permukaan obyek secara langsung. Untuk tingkat akurasi dari sensor ini berpengaruh pada *temperature* objek dan *temperature ambient*.

2.6 IOT

Internet of Things (IoT) merupakan perkembangan teknologi yang dapat mengoptimalkan kehidupan dengan sensor cerdas dan benda yang memiliki jaringan serta bekerjasama dalam internet. IoT adalah struktur di mana obyek maupun orang disediakan eksklusif serta kemampuan untuk pindah data melalui jaringan tanpa memerlukan dua arah antara manusia ke manusia yaitu sumber ke tujuan atau interaksi manusia ke komputer [7].

2.7 Aplikasi Blynk

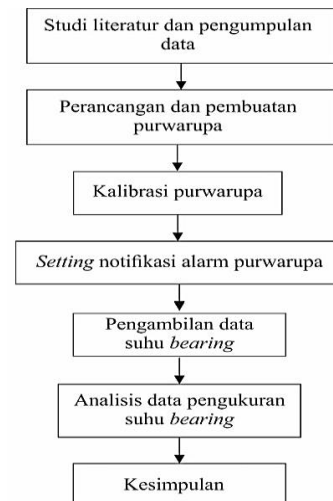
Blynk adalah sebuah layanan server yang digunakan untuk mendukung *project internet of things*. *Blynk* adalah dashboard digital dengan fasilitas antarmuka grafis dalam pembuatan projeknya. *Blynk* diciptakan dengan tujuan untuk kontrol dan memantau hardware secara jarak jauh menggunakan komunikasi data internet ataupun intranet [8].

2.8 Google spreadsheet

Google spreadsheet berada di bawah naungan *google document*. Aplikasi ini memiliki banyak kelebihan yaitu dapat digunakan di mana saja karena penyimpanannya melalui *google*. Kelebihan lainnya yaitu disimpan secara otomatis bahkan semua orang dapat mengedit dan melihat dokumen tersebut secara bersamaan. Kekurangan dari aplikasi ini adalah tidak dapat mengedit sebuah dokumen ketika tidak ada koneksi internet [9].

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT. Indonesia Power PLTU Jeranjang, Desa Taman Ayu, Kecamatan Gerung, Kabupaten Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat yang dimulai pada bulan November 2021 sampai bulan Maret 2022. Prosedur penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



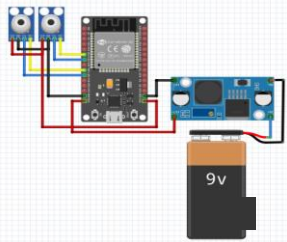
Gambar 1. Bagan Penelitian

3.1 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk pemrograman ESP32 menggunakan aplikasi *Arduino Integrated Development Environment (IDE)*. Untuk menampilkan nilai parameter suhu *bearing* secara *real time* melalui *smartphone* maupun PC menggunakan aplikasi *blynk IoT*. Dalam penyimpanan data pembacaan suhu *bearing* pada purwarupa ini menggunakan *google spreadsheet*.

3.2 Perancangan Perangkat Keras

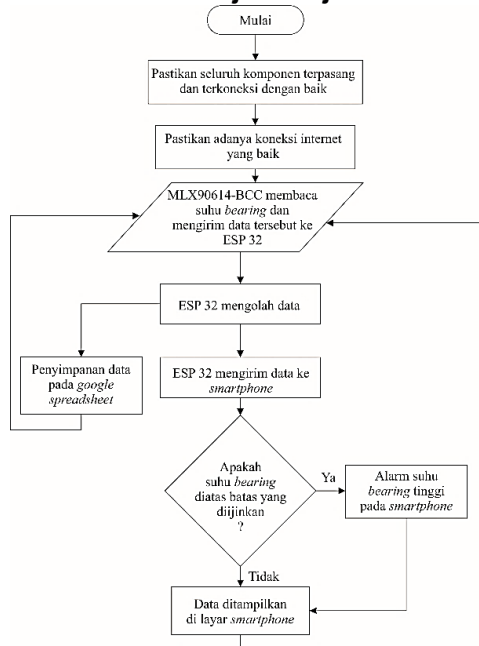
Rancangan keseluruhan perangkat keras sistem pemantau suhu *bearing* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Skematik Sistem Pemantau Suhu *Bearing*

Perangkat keras yang digunakan pada sistem pemantau suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air berbasis IoT terdiri dari beberapa bagian diantaranya power supply, mikrokontroler ESP32, dan sensor MLX90614-BCC.

3.3 Flowchart Unjuk Kerja



Gambar 3. *Flowchart* Unjuk Kerja

Pada *flowchart* unjuk kerja purwarupa yaitu pertama pastikan seluruh komponen sistem pemantau suhu *bearing* sudah terpasang dan terkoneksi dengan baik kemudian pastikan koneksi internet dan *power* suplai terhubung dengan alat pemantau suhu *bearing*. Sensor MLX90614-BCC akan membaca suhu *bearing* kemudian dikirim ke ESP 32 untuk diolah datanya dan akan disimpan di *google spreadsheets* melalui jaringan internet setiap 1 menit sekali secara otomatis. Selain itu data yang sudah diolah tersebut juga akan dikirim ke *smartphone* menggunakan jaringan internet melalui aplikasi *blynk* sebagai display pembacaan suhu dengan tampilan berupa angka maupun grafik. Ketika suhu *bearing* sudah melewati batasan yang diijinkan, secara otomatis memberikan notifikasi berupa alarm bahwa *bearing* dalam keadaan suhu yang panas kepada pengguna melalui aplikasi *blynk* di *smartphone* pada saat itu juga. Kemudian 1 menit selanjutnya sensor MLX90614-BCC akan membaca suhu *bearing* kembali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Perancangan

4.1.1 Perancangan Perangkat Keras

Hasil perancangan perangkat keras dari sistem pemantauan suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air berbasis IoT ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil Perancangan Perangkat Keras

Penjelasan bagian-bagian dari hasil perancangan perangkat keras sistem pemantauan suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air berbasis IoT adalah sebagai berikut:

1. Power supply pada purwarupa menggunakan baterai. Pada rangkaian power supply terdapat regulator DC converter yaitu

LM2596 untuk menurunkan tegangan 9VDC menjadi 5VDC sebagai suplai dari mikrokontroler ESP32 sedangkan untuk *power supply* sensor MLX90614-BCC diambil dari pin 3,3V pada mikrokontroler ESP32.

2. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat pemrosesan data suhu dari sensor MLX90614-BCC yang akan nantinya dikirim ke aplikasi *blynk* sebagai display pembacaan suhu dengan tampilan berupa angka maupun grafik disamping itu juga data tersebut akan dikirim ke *google spreadsheet* untuk disimpan.
3. Sensor MLX90614-BCC yang digunakan berjumlah 2 buah untuk memantau suhu *bearing* motor pada bagian DE dan NDE. Koneksi antara mikrokontroler ESP32 dengan sensor MLX90614-BCC menggunakan kabel AWM 26 dengan panjang 2 meter. Cover sensor MLX90614-BCC menggunakan bahan akrilik yang di ditempelkan magnet jenis neodmium bulat dengan diameter 1,5 cm dan tebal 0,5 cm agar dapat menempel pada cover *bearing*.

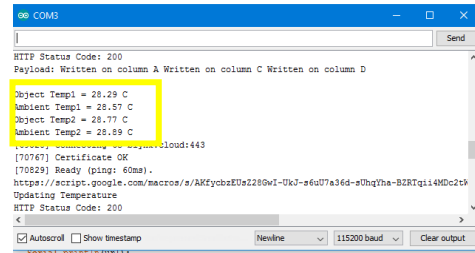
4.1.2 Perancangan Perangkat Lunak

Dalam perancangan perangkat lunak purwarupa ada 2 hal yang harus di program yaitu program mikrokontroler ESP32 menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan menggunakan bahasa pemrograman C dan program *google spreadsheet* di program pada bagian *apps script* agar data suhu yang dikirim oleh mikrokontroler ESP32 dapat disimpan pada *google spreadsheet*.

4.1.2.1 Perancangan Program Pembacaan Suhu

Perancangan ini berfungsi untuk mengetahui apakah sensor suhu MLX90614-BCC yang digunakan dapat mengirimkan data ke mikrokontroler ESP32. Perancangan program pembacaan

suhu dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler ESP32 dengan sensor MLX90614-BCC dan *Personal Computer* (PC) yang sudah terinstal *software* Arduino IDE.

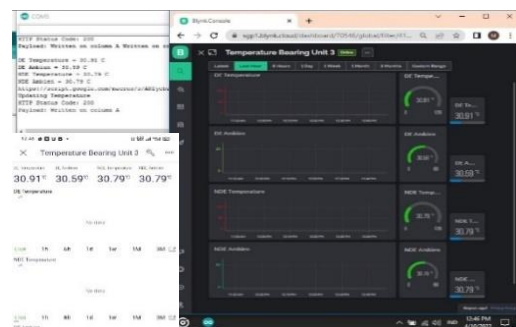


Gambar 5. Tampilan Serial Monitor Hasil Perancangan Program Pembacaan Suhu

Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa sensor MLX90614-BCC sudah dapat mengirimkan data suhu ke mikrokontroler ESP32 yang ditandai dengan ditampilkannya nilai data suhu di serial monitor pada *software* Arduino IDE.

4.1.2.2 Perancangan Komunikasi Aplikasi Blynk

Dalam perancangan komunikasi aplikasi *blynk* yang dilakukan adalah pemrograman pada mikrokontroler ESP32 berupa perintah untuk mengirimkan data suhu ke aplikasi *blynk* menggunakan aplikasi *Arduino IDE* serta melakukan set up pada aplikasi *blynk*.



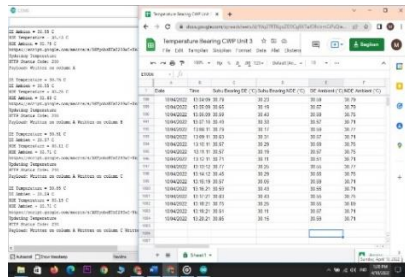
Gambar 6. Hasil Perancangan Komunikasi Aplikasi Blynk

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai suhu yang ditampilkan oleh *blynk web* dan *blynk smartphone* sama dengan nilai suhu yang terbaca oleh sensor MLX90614-BCC. Sehingga bisa dikatakan bahwa

purwarupa sudah dapat berkomunikasi dengan aplikasi *blynk*.

4.1.2.3 Perancangan Media Penyimpanan *spreadsheet* Google

Perancangan media penyimpanan *google spreadsheet* dilakukan dengan memberi perintah pada mikrokontroler ESP32 untuk mengirimkan data suhu ke *google spreadsheet* untuk dilakukannya penyimpanan.



Gambar 7. Hasil Perancangan Media Penyimpanan

Pada gambar 7 dapat dilihat bahwa data suhu yang disimpan pada *google spreadsheet* dengan yang terbaca oleh sensor MLX90614-BCC setiap 1 menit adalah sama dan data waktu yang disimpan pada *google spreadsheet* sudah sesuai dengan waktu saat itu juga. Kapasitas penyimpanan data pada *google spreadsheet* yaitu sebanyak 1.666.666 data. Sehingga hasil yang didapat pada perancangan media penyimpanan *google spreadsheet* sudah dapat menyimpan data suhu dan waktu dengan baik.

4.1.2.4 Kalibrasi Purwarupa

Pada kalibrasi purwarupa ini bertujuan untuk menyesuaikan nilai sensor MLX90614-BCC terhadap alat ukur *flir TG167* sehingga dapat memperkecil persentase penyimpangan pembacaan suhu. Pada proses kalibrasi ini dilakukan pengambilan data menggunakan alat ukur *Flir TG167* dan purwarupa dengan objek air pada suhu yang berbeda dengan jarak 1 cm antara objek dengan sensor alat ukur.

Berdasarkan penelitian dengan melakukan pengujian sensor MLX90614 pada jarak yang berbeda terhadap objek yang diukur dan didapatkan hasil bahwa

penempatan jarak 1 cm antara objek dengan sensor dinilai paling optimal [10].

Data yang didapat dari purwarupa akan dikalibrasi dengan *Flir TG167* dengan menggunakan metode perhitungan regresi linier jikalau terdapat penyimpangan lebih besar dari 1%. Berikut merupakan persamaan regresi linier [11]:

$$Y = bX + a \tag{1}$$

$$a = \frac{\sum Y \sum X^2 - \sum X \sum XY}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{2}$$

$$b = \frac{n \cdot \sum XY - \sum X \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \tag{3}$$

Keterangan:

- Y = variabel tak bebas (*Flir TG167*)
- X = variabel bebas (*Sensor MLX90614*)
- b = koefisien regresi
- a = konstanta
- n = jumlah data

1. Pengujian Sensor DE

Hasil pembacaan suhu oleh sensor MLX90614 DE dan alat ukur *Flir TG167* dengan melakukan percobaan sebanyak 15 kali dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Data Pengujian Sebelum Kalibrasi Sensor MLX90614 DE

No	FLIR TG167 (°C)	Sensor MLX90614 DE (°C)	Suhu Ambient (°C)	Penyimpangan Pembacaan Sensor DE (%)
1	60.4	59.99	41.57	0.68
2	58.0	57.37	41.73	1.09
3	56.7	55.93	41.05	1.36
4	54.6	53.75	38.51	1.56
5	52.8	52.23	37.97	1.08
6	50.5	50.01	37.13	0.97
7	48.5	47.33	35.73	2.41
8	46.6	46.23	35.13	0.79
9	44.9	44.55	34.27	0.78
10	42.1	41.25	32.83	2.02
11	40.7	40.19	32.67	1.25
12	36.7	36.17	30.55	1.44
13	34.5	33.93	29.59	1.65
14	32.4	32.03	27.45	1.14
15	30.4	29.97	27.29	1.41
Rata-Rata Penyimpangan				1.31

Berdasarkan hasil pengujian pembacaan nilai sensor MLX90614 DE pada tabel 1 diketahui rata-rata penyimpangan pada sensor MLX90614 DE yaitu sebesar 1.31% Sehingga perlu dilakukannya kalibrasi menggunakan metode regresi linier untuk pendekatan nilai suhu sensor MLX90614 DE dengan nilai suhu flir TG167.

Data yang berjumlah 15 data kemudian dimasukkan ke fungsi regresi linier pada software microsoft excel. Dengan demikian didapatkan persamaan regresi linier yaitu $y = 1.0062073256x + 0.3095497177$ kemudian dimasukkan kedalam source code mikrokontroler ESP32. Dilakukan pengujian kembali pengambilan data menggunakan alat ukur Flir TG167 dan sensor MLX90614 DE dengan objek air pada suhu yang berbeda. Hasil pengujian pembacaan suhu setelah kalibrasi dengan metode regresi linier ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian Setelah Kalibrasi Sensor MLX90614 DE

No	FLIR TG167 (°C)	Sensor MLX90614 DE (°C)	Suhu Ambient (°C)	Penyimpangan Pembacaan Sensor DE (%)
1	62.8	62.81	42.47	0.02
2	60.3	60.48	42.31	0.30
3	58.0	58.44	39.61	0.76
4	56.1	56.23	39.25	0.23
5	54.2	54.34	38.05	0.26
6	52.0	52.22	37.71	0.42
7	49.0	49.10	36.19	0.20
8	44.2	44.11	33.79	0.20
9	42.3	42.32	33.33	0.05
10	40.2	40.21	32.89	0.02
11	38.4	38.64	32.43	0.63
12	36.2	36.06	31.71	0.39
13	33.6	33.45	30.83	0.45
14	30.9	30.85	30.33	0.16
15	28.6	28.82	28.77	0.77
Rata-Rata Penyimpangan				0.32

Setelah dilakukan kalibrasi dengan metode regresi linier, nilai pembacaan sensor MLX90614 DE yang sebelumnya memiliki penyimpangan rata-rata sebesar 1.31% menurun menjadi 0.32% yang mana artinya pembacaan sensor MLX90614 DE sudah baik.

2. Pengujian Sensor NDE

Hasil pembacaan suhu oleh sensor MLX90614 NDE dan alat ukur Flir TG167 dengan melakukan percobaan sebanyak 15 kali dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Data Pengujian Sensor MLX90614 NDE

No	FLIR TG167 (°C)	Sensor MLX90614 NDE (°C)	Suhu Ambient (°C)	Penyimpangan Pembacaan Sensor NDE (%)
1	64.0	63.93	48.41	0.11
2	62.7	62.53	47.47	0.27
3	60.7	60.63	45.61	0.12
4	54.5	54.33	41.23	0.31
5	52.4	52.23	41.05	0.32
6	50.3	50.31	40.31	0.02
7	48.3	48.29	38.61	0.02
8	44.1	43.87	33.79	0.52
9	42.2	42.03	33.99	0.40
10	40.3	40.21	33.71	0.22
11	38.5	38.45	33.21	0.13
12	36.5	36.31	31.67	0.52
13	34.3	34.21	31.55	0.26
14	32.4	32.03	30.35	1.14
15	31.5	31.47	29.51	0.10
Rata-Rata Penyimpangan				0.30

Berdasarkan hasil pengujian pembacaan nilai sensor MLX90614 NDE pada tabel 3 diketahui rata-rata penyimpangan pada sensor MLX90614 NDE yaitu sebesar 0.3 % artinya pembacaan sensor MLX90614 NDE sudah baik dan tidak perlu dilakukannya kalibrasi menggunakan metode regresi linier.

4.1.2.5 Setting Notifikasi Alarm *Blynk*

Dalam melakukan setting notifikasi alarm menyesuaikan dengan *standard of thermography inspection* yang dipakai untuk memantau *bearing* motor pompa sirkulasi air.

Standard of Thermography Inspection					
Differential Temp	< 5°C	5°C – 10°C	11°C – 20°C	21°C – 40°C	>40°C
Max Temp					
< 75°C	Normal	Low	Medium	High	Critical
75°C – 100°C	Information of overloading	Medium	High	Critical	Critical
>100°C	Information of high overloading	Critical	Critical	Critical	Critical

Gambar 8. *Standard of Thermography Inspection*

Berdasarkan data yang didapat pada dokument *monitoring* suhu peralatan pada PT. Indonesia Power PLTU Jeranjang bahwa untuk *bearing* motor pompa sirkulasi air memiliki *temperature* maksimal referensi sebesar 50°C. Sehingga mengacu pada gambar 8 didapat bahwa ketika suhu *bearing* sebesar 55 °C -70 °C maka indikasi *warning* dan ketika suhu *bearing* lebih besar dari 70 °C maka indikasi *emergency*. Dari batasan suhu *bearing* tersebut maka dapat dilakukannya setting notifikasi alarm pada aplikasi *blynk*. Hasil notifikasi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Notifikasi Alarm

No	Sensor	Suhu (°C)	Notifikasi
1	<i>Bearing DE</i>	66,71	<i>Warning</i>
2	<i>Bearing DE</i>	78,89	<i>Emergency</i>
3	<i>Bearing NDE</i>	63,21	<i>Warning</i>
4	<i>Bearing NDE</i>	75,19	<i>Emergency</i>

4.2 Mengaplikasikan Purwarupa Untuk Mengukur Suhu *Bearing* Motor

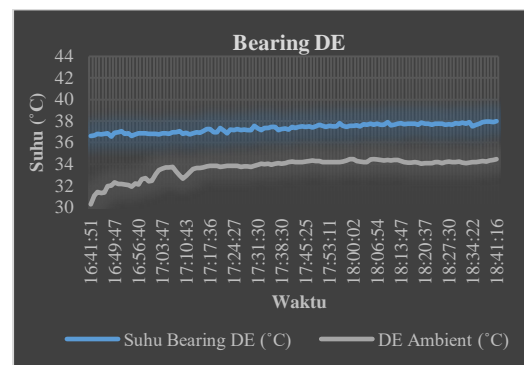
Dalam hal ini bertujuan untuk mengetahui kondisi suhu *bearing* DE dan *bearing* NDE dari motor dengan menerapkan purwarupa dalam melakukan pemantauan secara *real time*. Penerapan ini dilakukan selama 2 jam di PLTU Jeranjang Unit 3 pada *bearing* motor

pompa sirkulasi air dengan daya 355 kW dan tegangan 6,3 kV. Sensor MLX90614 pada purwarupa dipasang dengan jarak 1 cm dari *bearing* motor yang akan diukur suhunya sedangkan box akrilik ditempelkan pada body motor. Berikut merupakan proses saat mengaplikasikan purwarupa untuk memantau suhu *bearing* motor sirkulasi air yang ditujukan pada gambar 9.



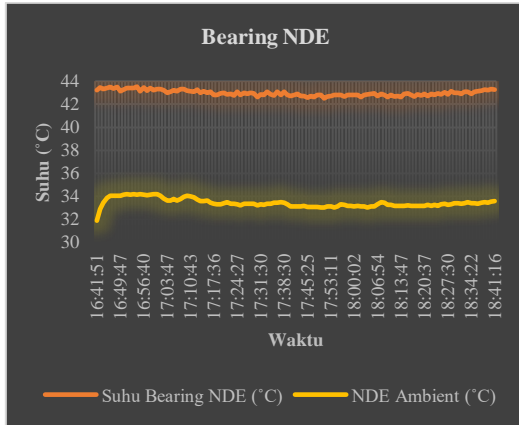
Gambar 9. Mengaplikasikan Purwarupa Pada Motor Pompa Sirkulasi Air 355 kW

Hasil penerapan purwarupa untuk melakukan pemantauan suhu *bearing* motor pompa sirkulasi air unit 3 di PLTU Jeranjang selama 2 jam didapatkan jumlah data yang diperoleh sebanyak 120 data yang dimuat dalam grafik hasil pengukuran suhu dari *bearing* DE dan *bearing* NDE.



Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran *Bearing* DE

Pada gambar 10, suhu *bearing* DE yang terbaca yaitu suhu minimumnya sebesar 36,55 °C dan suhu maksimumnya sebesar 37,98 °C serta memiliki rata-rata suhu terbaca pada purwarupa sebesar 37,34 °C. Berdasarkan *standard thermography inspection*, *bearing* motor DE masih dalam keadaan normal dengan suhu masih dibawah 55 °C dan ditandai tidak adanya notifikasi yang muncul pada *smartphone*.



Gambar 11. Grafik Hasil Pengukuran *Bearing* NDE

Pada gambar 11, suhu *bearing* NDE yang terbaca yaitu suhu minimumnya sebesar 42,51 °C dan suhu maksimumnya sebesar 43,53 °C serta memiliki rata-rata suhu terbaca pada purwarupa sebesar 42,98 °C. Berdasarkan *standard thermography inspection*, *bearing* motor NDE masih dalam keadaan normal dengan suhu masih dibawah 55 °C dan ditandai tidak adanya notifikasi yang muncul pada *smartphone*.

4.3 Kelebihan dan Kekurangan Purwarupa Terhadap Flir TG167

4.3.1 Kelebihan Purwarupa

- Dapat memantau suhu *bearing* dari mana saja dan kapan saja melalui aplikasi *blynk* pada *smartphone*.
- Dapat meminimalisir kecelakaan kerja dan keterlambatan dalam memantau suhu *bearing* motor.
- Penyimpanan yang mudah diakses melalui *google spreadsheet* dengan jumlah data yang dapat disimpan sebanyak 1.666.666 data suhu.
- Terdapat notifikasi alarm dan tindakan yang harus dilakukan.

4.3.2 Kekurangan Purwarupa

- Suhu tidak akan dapat dipantau dan disimpan jikalau tidak ada koneksi internet.
- Tidak terdapat *thermal imagine* seperti pada Flir TG167.

- Jarak pengukuran optimal hanya pada 1 cm dari objek yang akan diukur.
- Suhu *ambient* sekitar sensor disarankan kisaran 0 °C sampai 50 °C agar pembacaan sensor suhu memiliki tingkat akurasi yang tertinggi.

5. KESIMPULAN

Simpulan yang diambil berdasarkan perancangan, pengujian dan penerapan mengenai sistem pemantauan suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air berbasis IoT adalah sebagai berikut.

1. Pada purwarupa ini, perangkat keras yang digunakan diantaranya yaitu mikrokontroler ESP32 untuk mengolah data, sensor MLX90614-BCC untuk membaca suhu *bearing* dan baterai sebagai *power supply*. Sedangkan perangkat lunak yang digunakan yaitu *blynk* dan *google spreadsheet*.
2. Pengujian unjuk kerja purwarupa memperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:
 - a. Penyimpanan data suhu pada *google spreadsheet* sudah berhasil dengan kapasitas data yang dapat disimpan sebanyak 1.666.666 data yang akan penuh dalam 3 tahun 2 bulan.
 - b. Komunikasi antar purwarupa dengan aplikasi *blynk* sudah baik yang mampu mengirim notifikasi alarm "Warning" dengan nilai suhu 55 °C -70 °C dan notifikasi alarm "Emergency" dengan nilai suhu > 70 °C sesuai dengan *standard thermography inspection*.
 - c. Penyimpangan pengukuran suhu pada purwarupa yang dibangun memiliki rata-rata penyimpangan pengukuran yang baik dimana pada sensor DE sebesar 0,32 % dan sensor NDE sebesar 0,3 %.
3. Mengaplikasikan purwarupa dalam memantau suhu *bearing* motor untuk pompa sirkulasi air sudah baik. Penerapan dilakukan selama

2 jam dengan peletakan sensor MLX90614-BCC sejauh 1 cm dari *bearing* motor yang akan diukur suhunya. Didapatkan suhu *bearing* DE dengan suhu minimumnya sebesar 36,55 °C, suhu maksimumnya sebesar 37,98 °C dan suhu rata-rata sebesar 37,34 °C. Sedangkan suhu *bearing* NDE didapatkan suhu minimumnya sebesar 42,51 °C dan suhu maksimumnya sebesar 43,53 °C serta memiliki rata-rata suhu terbaca pada purwarupa sebesar 42,98 °C. Dalam hal ini kondisi *bearing* DE dan *bearing* NDE masih dalam keadaan normal.

6. SARAN

Saran yang dapat disampaikan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan LoRa dalam komunikasi jarak jauh untuk menghilangkan permasalahan koneksi internet yang tidak stabil.
2. Untuk pengembangan selanjutnya dapat menggunakan fitur penyimpanan dan display data suhu pada 1 aplikasi.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ridho, R. 2020. "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Temperatur Dan Vibrasi Motor Induksi 3 Fasa Berbasis IoT"(skripsi). Medan: Universitas Sumatra Utara.
- [2] Hartono, B. & Sutisna, S.P. 2018. Analisa Kerusakan Bearing Suspension Preheater Fan Berbasis Data Temperatur Dan Vibrasi. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin. 4(2): 84-86
- [3] Pramesthi C.D, Wibowo A. & Ardy H. 2019. Analisa Kegagalan Bantalan Bola di Pompa Pelumas Turbin Gas. Jurnal Metalurgi dan Material Indonesia. 2(3): 8-13.
- [4] Wiratman. 2016. "Analisis Perbandingan Pengasutan Pada Arus Start Dengan Menggunakan Softstarter Dan Inverter Pada Motor Induksi 3 Fasa"(skripsi). Medan: Universitas Sumatra Utara.
- [5] Furqoni M.R. 2021. Bearing. Diakses di <https://teknikece.com/bearing/> pada tanggal 21 November 2021.
- [6] Muliadi, Imran. Al & Rasul. Muh. 2020. Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32. Jurnal MEDIA ELEKTRIK. 17(2): 73-79.
- [7] Wilianto & Kurniawan, A. 2018. Sejarah, Cara Kerja Dan Manfaat Internet Of Things. JURNAL MATRIX. 8(2): 36-41.
- [8] Artiyasa, M., Kusuma, I.H., Firmansyah, F., Efendi, M.A. & Iriyanto, M. 2020. Studi Perbandingan Platform Internet of Things(IoT) untuk Smart Home Kontrol Lampu Menggunakan NodeMCU dengan Aplikasi Web Thingspeak dan Blynk. Jurnal Fidelitivy. 2(1): 03-10.
- [9] Suwiji, N.S.Z. 2020. Spreadsheet. Diakses di <https://teknoforesteract.com/spreadsheet/3/> pada tanggal 21 Desember 2021.
- [10] Masudia, P.E., Kusumawardhani, M., Mayra, D., Varadiba, K., & Bagaskara, M.E. 2021. Rancang Bangun Sistem Deteksi Suhu Tubuh Dan Hand Sanitizer Nirsentuh Pada Prototype Pintu Geser Otomatis. Jurnal ELTEK. 19(2): 17-24.
- [11] Khoiron, M.B. 2020. "Prototype Sistem Monitoring Dan Pengurasan Air Kolam Ikan Secara Otomatis Berbasis IoT"(skripsi). Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.