



Prototipe Sistem Monitoring, Proteksi, dan Kontrol Putaran pada Mesin *Emergency Generator* Menggunakan Lora untuk Mencegah Kerusakan pada Sistem di Kapal

Andika Yogi Pratama¹, Edi Kurniawan², M. Dahri³
^{1,2,3}Politeknik Pelayaran Surabaya, Indonesia

Abstract. In ship operations, the existence of a reliable emergency generator system is a critical factor to ensure continuity of electricity supply in emergency situations. Damage to the generator engine can cause significant disruption and even safety risks. To overcome this problem, a prototype monitoring, protection and rotation control system for emergency generator machines was developed using LoRa (Long Range) technology. This system is designed to monitor critical engine parameters, including speed, temperature and other operational conditions in real-time. Data collected from sensors is sent over a LoRa network that has wide coverage and low power consumption, enabling remote and continuous monitoring of Blynk's Internet of Think (IoT). This system is equipped with a protection algorithm that can detect anomalies and automatically activate corrective action or provide early warning to engineers and electricians. By implementing this prototype, it is hoped that it can reduce the risk of damage to the emergency generator engine and increase the reliability of the ship's electrical system, thereby supporting safer and more efficient operations.

Keywords: LoRa (Long Range), Internet of Think (IoT), Blynk.

Abstrak. Dalam operasional kapal, keberadaan sistem *emergency generator* yang handal merupakan faktor kritis untuk memastikan kontinuitas pasokan listrik dalam situasi darurat. Kerusakan pada mesin generator dapat menyebabkan gangguan signifikan, bahkan risiko keselamatan. Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkan sebuah prototipe sistem monitoring, proteksi, dan kontrol putaran pada mesin *emergency generator* menggunakan teknologi LoRa (Long Range). Sistem ini dirancang untuk memantau parameter penting mesin, termasuk putaran, suhu, dan kondisi operasional lainnya secara *real-time*. Data yang dikumpulkan dari sensor dikirim melalui jaringan LoRa yang memiliki jangkauan luas dan konsumsi daya rendah, memungkinkan pemantauan secara remote dan terus-menerus pada *Internet of Think (IoT) Blynk*. Sistem ini dilengkapi dengan algoritma proteksi yang dapat mendeteksi anomali dan secara otomatis mengaktifkan tindakan korektif atau memberikan peringatan dini kepada *engineer* dan *electrician*. Dengan implementasi prototipe ini, diharapkan dapat mengurangi risiko kerusakan pada mesin *emergency generator* dan meningkatkan keandalan sistem kelistrikan kapal, sehingga mendukung operasional yang lebih aman dan efisien.

Kata kunci: LoRa (Long Range), Internet of Think (IoT), Blyn.

1. PENDAHULUAN

Sumber arus listrik merupakan salah satu kebutuhan primer di atas kapal yang dapat diperoleh dari pembangkit listrik yang disebut *diesel generator*. Pengoperasian *diesel generator* di atas kapal akan terus berjalan dan tidak dapat berhenti begitu saja dikarenakan sumber arus listrik di atas kapal sangat penting dan menjadi kebutuhan pokok dalam kondisi kapal berlayar maupun kapal sedang *anchorage* atau bersandar guna mengoperasikan permesinan-permesinan dan alat-alat elektroniik yang akan terus beroperasi. Hal tersebut menyatakan bahwa mesin *diesel generator* sebagai pembangkit listrik di atas kapal memiliki peran yang sangat penting yang mana jika *diesel generator* tidak berfungsi dengan baik atau *trouble* dan tidak dapat dioperasikan akan menimbulkan efek yang sangat serius terhadap

kegiatan yang dilakukan di atas kapal sehingga menghambat operasional kerja awak kapal tersebut. Kelancaran operasional dari mesin bantu *diesel generator* juga sangat dipengaruhi oleh perawatan dan perbaikan serta lengkapnya suku cadang (*spare part*) yang tersedia di atas kapal, sehingga tercipta kondisi mesin *diesel generator* yang memiliki nilai operasional lebih baik yang terhindar dari gangguan seperti keterlambatan atau *delay* dalam pelayaran yang diakibatkan dari tidak bekerjanya mesin *diesel generator* yang mengakibatkan kapal mengalami *blackout*.

Permasalahan terkait *maintenance and spare part* terjadi pada generator yang terdapat pada kapal MV. Golden Destiny pada saat kapal sedang melakukan kegiatan bongkar muat dipelabuhan Ciwandan, Kota Cilegon, Banten. Menurut (Ashari, 2024) kapal MV. Golden Destiny mengalami *blackout* dikarenakan umur dari *diesel generator* sudah tua, sering mengalami *trouble* dan dikarenakan aspek suplai *sparepart* yang sangat sulit. Kapal yang diproduksi pada tahun 2000 tersebut mengalami *blackout* karena *emergency generator* mempunyai permasalahan yang sama yaitu sering terjadinya *trouble connecting* dan tidak mampu menyala secara standar waktu 45 detik pada saat kapal kehilangan pasok daya listrik dari *diesel generator* yang mati.

Pemanfaatan alat yang bertujuan untuk memonitoring nilai putaran *emergency generator* dari pembacaan sensor pada rangkaian alat, memproteksi *emergency generator* dari *oeheat*, *over speed* atau *overcurrent* dan mengontrol nilai putaran *emergency generator* agar tetap stabil serta meminimalisir terjadinya permasalahan maupun kerusakan pada sistem yang dioperasikan baik secara manual maupun otomatis di atas kapal sesuai dengan SOLAS *Regulations for Emergency Generator CH-2-1 Part D*, REG 43/44, SOLAS 78 dan Amandemen 1981, yang berisikan regulasi terhadap kapal-kapal barang dan penumpang harus juga dilengkapi sumber daya listrik darurat (*emergency lighting*) yang dapat di starter secara manual dan secara otomatis.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Rancang Bangun Sistem

Menurut Adiguna (Nur Azis, 2020) perancangan adalah sebuah proses untuk mendefinisikan sesuatu yang ingin dikerjakan dengan teknik yang bervariasi serta melibatkan deskripsi mengenai arsitektur dan detail komponen serta keterbatasan yang akan dialami dalam prosesnya. Dari penjelasan tersebut dapat disimpulkan bahwa pengertian perancangan adalah proses terstruktur dalam pengembangan objek, sistem, atau gagasan. Ini melibatkan perencanaan, pemikiran, dan pembuatan rencana atau rancangan yang mempertimbangkan

berbagai aspek. Perancangan bertujuan menciptakan solusi optimal dan efisien untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan, proses ini mencakup pemilihan elemen, komponen, dan deskripsi detail tentang desain sistem. Kesalahan dalam perancangan dapat berdampak serius dalam implementasi, oleh karena itu perancangan adalah langkah kunci dalam pengembangan berbagai jenis sistem.

Optimalisasi

Optimalisasi, menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), dapat dijelaskan sebagai penyempurnaan atau perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, keuntungan, atau hasil yang maksimal. Dalam konteks ini, optimalisasi melibatkan upaya yang difokuskan pada peningkatan kualitas dan efisiensi suatu sistem atau proses. Optimalisasi menurut Hysocc, 2014 (Wiko Trya & Andika, 2023) adalah suatu prosedur yang digunakan guna mendapatkan hasil atau optimalisasi terbaik (*effective achievable value*). Istilah optimalisasi dapat digunakan untuk menggambarkan, merancang, dan menciptakan sesuatu secara optimal, serta mengoptimalkan sesuatu yang sudah ada. Secara keseluruhan, optimalisasi adalah konsep yang relevan dan penting dalam berbagai aspek, diharapkan hasil yang diinginkan mencapai tingkat yang optimal, memungkinkan pencapaian yang paling efisien dan maksimal dalam berbagai bidang dan situasi.

Arduino Nano

Mikrokontroler merupakan sebuah komputer sederhana dalam bentuk *chip* (S. Samsugi & Doni Elvis Silaban, 2018). Di dalamnya terdapat inti prosesor, RAM dan memori program, serta perangkat *input-output*. Mikrokontroler adalah bentuk sederhana sistem komputer meskipun ukurannya lebih kecil dibandingkan komputer pribadi, dan dibuat dari komponen dasar yang sama. Sederhananya, mikrokontroler menghasilkan keluaran berdasarkan masukan yang diterima dan sesuai program yang dijalankan. Pada penelitian ini penulis menggunakan mikrokontroler Arduino Nano.

DS18B20 Temperature Sensor

DS18B20 *temperature sensor* merupakan jenis sensor digital yang menggunakan data komunikasi data tunggal. Setiap sensor DS18B20 memiliki identitas unik berupa motor seri 64-bit, memungkinkan penggunaan beberapa sensor pada satu jalur data yang sama. Fitur yang dimiliki ini sangat bermanfaat dalam proyek-proyek yang membutuhkan pemantauan suhu dan

pencatatan data. Dalam sensor suhu DS18B20 ini memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi yaitu 0,5 yang mampu membaca tentang suhu antara -55°C sampai 125°C (SAHLAN ABDUL MUZIB, 2019)

INA-219 Current Sensor

Sensor INA219 merupakan sensor yang **memiliki fungsi yaitu dapat** membaca arus, tegangan dan daya listrik DC. Sensor ini didukung dengan kemampuan mengukur sumber beban sampai dengan 26 VDC dan arus 3,2 *ampere*. **Selain itu, sensor** ini tidak hanya dapat mengukur arus, tapi juga dapat mengukur tegangan lewat komunikasi I2C dengan tingkat presisi 1%. Sensor ini juga dapat menghitung daya pada beban dengan memanfaatkan perkalian hukum ohm. Besaran daya yang dapat diukur menggunakan sensor **INA-219 ini** mencapai lebih dari 75 watt daya. Pada penelitian ini penulis menggunakan **komponen** sensor INA-219 digunakan untuk membaca arus pada keluaran DC motor (CHAIRUDIN PEBRIANSYAH, 2019).

Modul Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang memiliki fungsi merubah getaran listrik menjadi getaran suara. Prinsip kerja *buzzer* pada dasarnya hampir sama dengan *loud speaker*, dikarenakan *buzzer* juga terdiri dari kumparan pada diafragma dan kumparan tersebut dialiri arus listrik sehingga menjadi medan elektromagnetik, kumparan tersebut akan tertarik ke dalam atau ke luar, tergantung arah dari arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan pada diafragma maka setiap getaran pada kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadinya kesalahan pada sebuah alat (alarm) (Muhammad, 2019).

Liquid Cristal Display (LCD)

Liquid Cristal Display (LCD) adalah alat yang berfungsi sebagai media dengan media cairan kristal untuk menampilkan karakter tertentu (Budihartono, 2023). Berdasarkan (Wiratama dkk, 2022), tampilan kristal cair (LCD) 20X4 merupakan sebuah teknologi layar digital yang menghasilkan citra pada sebuah permukaan yang rata dengan memberi sinyal pada kristal cair dan saring berwarna, yang memiliki struktur molekul polar, diapit oleh dua elektroda yang transparan. Bila medan listrik diberikan, molekul menyesuaikan posisinya pada medan yang akan membentuk susunan kristalin yang mempolarisasikan cahaya yang melaluinya.

DC Motor

Motor DC adalah suatu motor yang berfungsi untuk mengubah tenaga listrik arus searah menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik. Motor DC digunakan pada penerapan tertentu yang membutuhkan penyalaan torsi yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas. Torsi adalah putaran dari suatu gaya terhadap suatu poros. Suatu motor listrik di sebut sebagai motor DC jika membutuhkan pasokan tegangan searah pada kumparan jangkar dan kumparan medannya untuk dikonversi menjadi energi mekanik (Sri Hartanto, 2022).

Power Supply

Pada dasarnya catu daya atau *power supply* ini memerlukan sumber energi listrik yang kemudian mengubahnya menjadi energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika yang lainnya. Oleh karenanya *power supply* sering dikenal sebagai istilah *Electric Power Converte* (Firmansyah dkk, 2020). *Power Supply* atau dalam Bahasa Indonesia dikenal dengan catu daya yaitu sebuah alat kelistrikan yang memiliki fungsi menyediakan sebuah daya atau energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya.

Blynk

Blynk dirancang untuk *Internet of Things* dengan tujuan dapat mengontrol *hardware* dari jarak jauh secara *wireless*, dapat menampilkan data dari pengukuran sensor, dapat menyimpan data, visual dan melakukan banyak hal canggih lainnya (Sulistiyorini, Sofi, & Sova, 2022). *Blynk* memungkinkan penghubungannya dengan berbagai perangkat keras seperti mikrokontroler lainnya (seperti Arduino, Raspberry Pi, ESP8266, dan ESP32) dan sensor-sensor untuk kemudian diintegrasikan dengan aplikasi seluler atau menggunakan *gadget* menggunakan jaringan internet.

3. METODOLOGI PENELITIAN**Perancangan Sistem**

Perancangan sistem menurut Adiguna (Nur Azis, 2020) perancangan merupakan proses untuk mendefinisikan suatu hal yang ingin dilakukan dengan cara yang bervariasi serta melibatkan rancangan, dan detail komponen, serta kendala yang mungkin dialami dalam prosesnya. perancangan sistem merupakan sebuah proses yang digunakan untuk mendefinisikan suatu hal atau merancang sesuatu dengan proses yang saling terkait untuk mencapai tujuan yang sama.

Pada penulisan karya ilmiah terapan ini penulis menggunakan metode eksperimen. Metode ini digunakan untuk menciptakan produk baru atau meningkatkan produk yang sudah ada, serta diujikan sejauh mana keefektifan produk tersebut.

Perancangan Alat

Pada perancangan alat ini adapun rancangan sistem perangkat kerasnya akan ditampilkan menggunakan *wiring* diagram, hal ini penting untuk dilakukan sebelum memulai proses pembuatan alat dikarenakan perlunya perancangan yang baik sehingga ketika proses pembuatan dimulai menjadi lebih efisien dan tertata.

Dalam hal ini akan memudahkan dalam proses pembuatan alat ini dikarenakan penulis sudah memiliki gambaran bagaimana rangkaian alat ini akan diposisikan, dalam rangkaian ini sensor-sensor akan terhubung kepada mikrokontroler adapun sensor-sensor yang disebut meliputi sensor INA-219 sebagai pendeteksi arus motor DC, sensor *Speed Opto Interrupter* mengukur kecepatan atau disebut juga dengan RPM pada motor DC, DS18B20 *Temperature Sensor* untuk mengukur suhu motor DC dan 1 *push button reset* yang dipergunakan untuk mereset *alarm* ketika sistem mendeteksi adanya ketidaksesuaian *setting point* yang telah ditetapkan dalam program.

Rencana Pengujian

Rencana pengujian merupakan konsep pengujian terhadap alat yang dibuat untuk mengetahui bagaimana cara kerja dan kemungkinan permasalahan yang terjadi pada alat. Rencana penelitian yang akan dilakukan pada alat ini yaitu menggunakan dua buah metode yaitu rencana pengujian statis dan pengujian dinamis.

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian

Penyajian data dilakukan untuk mengambil data dari sensor *Speed Opto Interrupter* dan DS18B20 *Temperature Sensor*. Pada pengambilan data motor DC dinyalakan untuk bisa mengetahui berapa nilai dari rpm atau kecepatan motor dan nilai dari suhu yang ada. Pengujian dilakukan dengan cara menjalankan motor DC tanpa beban dan memberikan beban pada motor DC sehingga RPM dan suhu pada motor DC bisa naik seiring dengan berjalannya waktu serta besarnya beban yang diaplikasikan.

Pengujian pada prototipe ini dilakukan dengan membandingkan sensor arus antara sensor *Speed Opto Interrupter* dengan Avometer / Tang Ampere. Pada pengujian arus *setting*

point pada motor DC telah ditentukan jika motor DC tanpa beban 2 A, dan jika dengan beban 4 A. Berikut merupakan hasil dari perbandingan sensor INA-219 dan Clammeter dapat dilihat pada gambar 1 dan tabel 1.



Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024).

Gambar 1. Perbandingan Uji Coba INA-219 dan Clammeter

Tabel 1, 2, 3 Perbandingan arus pada sensor INA-219 dengan Avometer atau Tang Ampere dalam 30 kali percobaan.

Tabel 1. Percobaan 10 kali pertama

No.	Arus INA- 219	Clammeter	Selisih	Error
1.	2.05 A	2.07 A	0.02 A	0.96 %
2.	0.78 A	0.81 A	0.04 A	3.70 %
3.	1.15 A	1.18 A	0.03 A	2.54 %
4.	1.26 A	1.28 A	0.02 A	1.56 %
5.	2.32 A	2. 35 A	0.03 A	1.27 %
6.	2.03 A	2.11 A	0.08 A	3.79 %
7.	0.75 A	0.78 A	0.03 A	3.84 %
8.	2.05 A	2.07 A	0.02 A	0.96 %
9.	1.19 A	1.22 A	0.04 A	2.45 %
10.	1.15 A	1.18 A	0.03 A	2.54 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Tabel 2. Percobaan 10 kali kedua

No.	Arus INA- 219	Clammeter	Selisih	Error
1.	1.26 A	1.28 A	0.02 A	1.56 %
2.	0.89 A	0.92 A	0.03 A	3.20 %
3.	2.01 A	2.04 A	0.03 A	1.47 %
4.	0.78 A	0.81 A	0.04 A	3.70 %
5.	1.14 A	1.16 A	0.02 A	1.70 %
6.	2.01 A	2.04 A	0.03 A	1.47 %
7.	2.13 A	2.17 A	0.04 A	1.84 %
8.	0.79 A	0.81 A	0.02 A	2.46 %
9.	1.34 A	1.37 A	0.03 A	2.18 %
10.	2.01 A	2.04 A	0.03 A	1.47 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Tabel 3. Percobaan 10 kali ketiga

No.	Arus INA- 219	Clmmeter	Selisih	Error
1.	0.73 A	0.75 A	0.02 A	2.66 %
2.	1.06 A	1.10 A	0.04 A	3.63 %
3.	1.12 A	1.15 A	0.03 A	2.60 %
4.	1.26 A	1.28 A	0.02 A	1.56 %
5.	0.75 A	0.78 A	0.03 A	3.84 %
6.	2.05 A	2.07 A	0.02 A	0.96 %
7.	2.32 A	2. 35 A	0.03 A	1.27 %
8.	0.73 A	0.75 A	0.02 A	2.66 %
9.	1.22 A	1.25 A	0.03 A	2.40 %
10.	1.19 A	1.22 A	0.04 A	2.45 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Pengambilan data suhu pada motor DC yaitu dengan mejalankan motor DC tanpa beban dan memberi beban pada motor sampai motor mengalami *overheat* atau kenaikan pada nilai yang diinginkan.

Hal ini dapat memudahkan untuk memonitoring beberapa data pada suhu motor DC. Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan antara DS18B20 *Temperature Sensor* dengan *Thermometer*. Pada pengujian suhu *setting point* pada motor DC telah ditentukan pada nilai 35°C. Berikut merupakan hasil dari perbandingan DS18B20 *Temperature Sensor* dengan *Thermometer* dapat dilihat pada gambar 2 dan tabel 4.



Sumber: Dokumentasi Pribadi (20024).

Gambar 2. Perbandingan Uji Coba Sensor DS18B20 dan *Thermometer*

Tabel 4 Perbandingan suhu pada sensor DS18B20 dan *Thermometer* dalam 30 kali percobaan.

Tabel 4. Percobaan 10 kali pertama

No.	DS18B20 <i>Temperature Sensor</i>	<i>Thermometer</i>	Selisih	<i>Error</i>
1.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
2.	43.00 °C	44.08 °C	1.08 °C	2.45 %
3.	26.13 °C	26.98 °C	0.85 °C	3.15 %
4.	46.38 °C	47.41 °C	1.03 °C	2.17 %
5.	58.25 °C	58.96 °C	0.71 °C	1.20 %
6.	58.25 °C	58.96 °C	0.71 °C	1.20 %
7.	29.00 °C	30.07 °C	1.07 °C	3.55 %
8.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
9.	69.94 °C	72.23 °C	2.71 °C	3.17 %
10.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024).

Tabel 5. Percobaan 10 kali kedua

No.	DS18B20 <i>Temperature Sensor</i>	<i>Thermometer</i>	Selisih	<i>Error</i>
1.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
2.	43.00 °C	44.08 °C	1.08 °C	2.45 %
3.	26.13 °C	26.98 °C	0.85 °C	3.15 %
4.	46.38 °C	47.41 °C	1.03 °C	2.17 %
5.	43.00 °C	44.08 °C	1.08 °C	2.45 %
6.	58.25 °C	58.96 °C	0.71 °C	1.20 %
7.	29.00 °C	30.07 °C	1.07 °C	3.55 %
8.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
9.	69.94 °C	72.23 °C	2.71 °C	3.17 %
10.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024).

Tabel 6. Percobaan 10 kali ketiga

No.	DS18B20 Temperature Sensor	Thermometer	Selisih	Error
1.	69.94 °C	72.23 °C	2.71 °C	3.17 %
2.	43.00 °C	44.08 °C	1.08 °C	2.45 %
3.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
4.	46.38 °C	47.41 °C	1.03 °C	2.17 %
5.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
6.	58.25 °C	58.96 °C	0.71 °C	1.20 %
7.	29.00 °C	30.07 °C	1.07 °C	3.55 %
8.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
9.	69.94 °C	72.23 °C	2.71 °C	3.17 %
10.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024).

Ketika motor DC mengalami suhu yang melebihi nilai 35°C maka motor DC akan mengalami *overheat*. Berdasarkan data-data tersebut diperoleh data keakuratan sensor dengan membandingkan antara sensor dan alat ukur digital.

Pengambilan data pada motor DC yaitu dengan menjalankan motor DC tanpa beban dan memberi beban pada motor sampai motor mengalami *overheat* atau kenaikan pada nilai yang diinginkan.

Analisis Data

Pengujian prototipe untuk menguji tingkat keakuratan sensor arus, sensor suhu dan kecepatan motor DC untuk analisa data. Pengujian dilakukan dengan alat ukur digital dengan menyalakan dan memberi beban pada motor. Selanjutnya diamati dan dibandingkan apakah data pada pengambilan arus dan suhu memiliki perbedaan berlebih atau selisih, sehingga dapat dihitung *error* yang ada pada pengukuran tersebut. Untuk mengetahui *error* relatif, dapat menggunakan rumus berikut.

$$\% \text{ Error} = \left(\frac{(\text{Nilai Sebenarnya} - \text{Nilai Terbaca})}{\text{Nilai Sebenarnya}} \right) \times 100$$

Keterangan :

Nilai sebenarnya : Hasil pembacaan alat ukur terstandarisasi

Nilai terbaca : Hasil pembacaan sensor

Berikut ini merupakan hasil pengujian *error* relatif yang diperoleh dari hasil membandingkan sensor dengan alat ukur digital dapat dilihat pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Error Relatif Pada Arus

No.	Sensor Arus INA-219	Avometer	Selisih	Error
1.	0.73 A	0.75 A	0.02 A	2.66 %
2.	1.06 A	1.10 A	0.04 A	3.63 %
3.	1.12 A	1.15 A	0.03 A	2.60 %
4.	1.26 A	1.28 A	0.02 A	1.56 %
5.	0.75 A	0.78 A	0.03 A	3.84 %
6.	2.05 A	2.07 A	0.02 A	0.96 %
7.	2.32 A	2.35 A	0.03 A	1.27 %
8.	0.73 A	0.75 A	0.02 A	2.66 %
9.	1.22 A	1.25 A	0.03 A	2.40 %
10	1.19 A	1.22 A	0.04 A	2.45 %
Rata-Rata				2,18%

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Tabel 7 menunjukkan hasil pengujian pada arus. Nilai sensor arus INA-219 dan clampmeter dapat selisih perbedaan dalam beberapa hal, dengan *error* rata-rata 2,18 %. Selanjutnya, melakukan pengujian *error* relatif pada suhu motor DC. Dapat dilihat pada tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Error Relatif Pada Suhu

No.	0 Temperature Sensor	Thermometer	Selisih	Error
1.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
2.	43.00 °C	44.08 °C	1.08 °C	2.45 %
3.	26.13 °C	26.98 °C	0.85 °C	3.15 %
4.	46.38 °C	47.41 °C	1.03 °C	2.17 %
5.	43.00 °C	44.08 °C	1.08 °C	2.45 %
6.	58.25 °C	58.96 °C	0.71 °C	1.20 %
7.	29.00 °C	30.07 °C	1.07 °C	3.55 %
8.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
9.	69.94 °C	72.23 °C	2.71 °C	3.17 %
10.	26.12 °C	26.54 °C	0.42 °C	1.58 %
Rata-Rata				2,08%

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024)

Tabel 8 menunjukkan hasil pengujian suhu. Nilai DS18B20 *Temperature Sensor* dan *Thermometer* dapat selisih perbedaan dengan *error* rata-rata 2,08 %. Dalam melakukan pengujian *error* relatif dibutuhkan pengambilan data yang akurat dengan membandingkannya menggunakan alat ukur.

Hasil Pengujian Keamanan Motor DC

Tabel 9. Hasil Pengujian Keamanan Motor DC

RPM	Current	Temperature	Status Relay	Motor DC ON/OFF	Keterangan
1680	0.30 A	28.81 °C	OFF	ON	SESUAI
2200	0.23 A	28.89 °C	OFF	ON	SESUAI
3000	0.33 A	28.94 °C	OFF	ON	SESUAI
4200	0.35 A	29.15 °C	OFF	ON	SESUAI
6320	0.36 A	29.16 °C	OFF	ON	SESUAI
8500	0.39 A	29.18 °C	OFF	ON	SESUAI
9125	0.39 A	29.16 °C	OFF	ON	SESUAI
10158	0.41 A	29.25 °C	ON	OFF	SESUAI
10220	0.42 A	29.24 °C	ON	OFF	SESUAI
10300	0.44 A	29.27 °C	ON	OFF	SESUAI

Sumber: Dokumentasi Pribadi (2024).

Dari hasil Tabel 9 dapat dilihat sistem pengaman motor DC dari arus, temperatur dan rpm berjalan dengan baik. Dari batas rpm yang ditentukan untuk mematikan motor DC yakni dengan setpoint rpm 10000, temperatur 35°C, dan terbaca pada rpm 4200 dengan temperatur 29.15 °C status relay off dan motor DC tetap berjalan normal, dengan rpm 9125 dengan temperatur 29.16 °C status relay off, dengan rpm 10220 dengan temperatur 29.24°C status relay on. Dari keseluruhan percobaan diatas relay akan on bekerja mematikan motor selama 5 menit ketika membaca temperatur melebihi 35°C dan rpm 10000.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari perancangan prototype sistem proteksi pada motor DC dari gangguan arus dan suhu berbasis *Internet of Things* serta melakukan analisis data pengujian alat tersebut maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Perancangan alat sistem proteksi pada motor DC dari gangguan arus dan suhu berlebih berbasis *Internet of Things* dirancang menggunakan sensor INA-219 sebagai input arus, DS18B20 *Temperature Sensor* sebagai input suhu, sensor *Speed Opto Interruter* / IR sensor sebagai input kecepatan, LCD untuk menampilkan data yang ada dan Arduino Nano sebagai mikrokontroler utama. Aplikasi *Blynk* yang sudah terintegrasi dengan IoT digunakan sebagai *real-time* monitoring arus dan suhu yang ada pada motor DC sesuai dengan tampilan pada LCD. Untuk mengakses aplikasi *Blynk* hanya membutuhkan koneksi *Wi-Fi* yang sudah terhubung ke *prototype* dan koneksi internet

sehingga mudah diakses. Pada aplikasi *Blynk* menampilkan tegangan, arus, suhu, dan notifikasi keamanan “WARNING” dari motor DC secara *real-time*. Jika motor DC mengalami gangguan pada arus dan suhunya, otomatis sensor akan mengirimkan sinyal menuju guna menghentikan arus yang akan mematikan motor DC. Penyajian data hasil pengukuran juga ditampilkan berupa tabel sehingga mudah dibaca.

- 2) Kehandalan penggunaan alat sistem proteksi pada motor DC dari gangguan arus dan suhu berlebih berbasis *Internet Of Things* dapat dikatakan berhasil dengan tingkat akurasi data monitoring arus dan suhu dari pembacaan secara manual dengan *error* relatif di bawah 5%, 2,18 % dan 2,08 %.

Saran

Perancangan sistem proteksi motor DC terhadap gangguan arus dan suhu berlebih berbasis *Internet of Things* telah berjalan dengan baik, namun prinsip kerjanya perlu dioptimalkan sehingga perlu dikembangkan lebih lanjut agar alat dapat bekerja secara maksimal dalam mengembangkan sistem proteksi pada motor listrik dalam jangka waktu yang lebih lama maka harus diperlukan pengembangan sebagai berikut:

- 1) Pengembangan dari alat ini masih sangat memungkinkan dan dapat disempurnakan dengan adanya penambahan-penambahan *display* pada LCD dan aplikasi *blynk* sehingga data yang dilihat lebih akurat misalnya daya dan frekuensi.
- 2) Bagi peneliti selanjutnya sistem proteksi pada motor DC dapat diujikan pada motor 3 *phase* yang memiliki spesifikasi lebih besar agar beban arus yang didapatkan lebih optimal baik tanpa beban ataupun dengan penambahan beban dalam pengambilan datanya.

REFERENSI

- Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2020). *Wireless sensor networks and energy efficiency: An overview of LoRa technology and applications*. Springer.
- Liu, J., & Yao, J. (2019). LoRa technology for the Internet of Things: An overview. *Journal of Communications and Networks*, 21(6), 555-569.
- Sundararajan, V., & Prakash, S. (2018). Monitoring and control of industrial equipment using IoT-based sensor networks. *IEEE Access*, 6, 54898-54910.
- Kim, Y., & Choi, S. (2021). Design and implementation of a real-time monitoring system for marine engines using IoT technology. *Marine Technology Society Journal*, 55(3), 68-80.

- Khan, M. A., & Shah, S. M. (2022). Preventive maintenance strategies for marine generators: A review. *Journal of Marine Engineering & Technology*, 21(4), 210-223.
- Cheng, L., & Li, X. (2020). Development of an integrated protection system for diesel generators using IoT and cloud-based technologies. *Energy Reports*, 6, 112-125.
- Meyer, S., & Ordonez, D. (2019). Advanced control systems for emergency generators in maritime applications. *Control Engineering Practice*, 87, 138-147.
- Brown, R., & Zhang, T. (2021). Energy management systems in marine vessels: Integrating real-time data with predictive analytics. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(5), 556-570.
- Vasquez, A., & Seale, B. (2022). Implementing LoRa technology in industrial monitoring systems: Case studies and performance analysis. *Sensors and Actuators A: Physical*, 326, 112-122.
- Gonzalez, A., & Huang, Y. (2023). Design considerations for robust emergency power systems in maritime environments. *Journal of Electrical Engineering & Technology*, 18(2), 304-316.