

SISTEM MONITORING SUHU DAN GETARAN PADA *BEARING* MESIN *CRUSHER* BERBASIS MIKROKONTROLER

Nur Alam¹, Muh. Ahyar², Rusdi Wartapane³

Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar

E-mail: nura63842@gmail.com¹

ABSTRAK

Mesin *crusher* memiliki peran penting dalam industri pertambangan dan konstruksi, dengan *bearing* sebagai komponen yang rentan rusak akibat suhu dan getaran berlebih. Penelitian ini merancang sistem monitoring suhu dan getaran berbasis mikrokontroler untuk memantau kondisi *bearing* secara *real-time*. Pengujian akurasi sensor suhu menunjukkan rata-rata error 1,32%, dengan error tertinggi 2,92% dan terendah 0,31%. Untuk sensor getaran, rata-rata error sebesar 0,11 m/s², dengan error tertinggi 0,05 m/s². Uji operasional dengan beban 1-10 kg menunjukkan suhu naik dari 33,9°C menjadi 34,2°C, dan getaran antara 0,46 m/s² hingga 2,04 m/s², masih dalam batas aman untuk operasi *bearing*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu melakukan pemantauan suhu dan getaran secara akurat, stabil, dan konsisten. Dengan demikian, alat ini layak digunakan sebagai sistem monitoring dini untuk mencegah kerusakan bearing serta meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional mesin *crusher*.

Kata kunci

Suhu, Getaran, Bearing, Crusher, Monitoring, Mikrokontroler

ABSTRACT

Crusher machines play a crucial role in the mining and construction industries, with bearings being components vulnerable to damage from excessive temperature and vibration. This study designed a microcontroller-based temperature and vibration monitoring system to monitor bearing conditions in real time. Temperature sensor accuracy testing showed an average error of 1.32%, with a maximum error of 2.92% and a minimum of 0.31%. For the vibration sensor, the average error was 0.11 m/s², with a maximum error of 0.05 m/s². Operational tests with a load of 1-10 kg showed a temperature increase from 33.9°C to 34.2°C, and vibrations between 0.46 m/s² and 2.04 m/s², still within safe limits for bearing operation. The results demonstrate that the designed system is capable of accurate, stable, and consistent temperature and vibration monitoring. Therefore, this tool is suitable for use as an early monitoring system to prevent bearing damage and improve the reliability and operational efficiency of crusher machines.

Keywords

Temperature, Vibration, Bearing, Crusher, Monitoring, Microcontroller

1. PENDAHULUAN

Industri pengolahan material, khususnya pada sektor konstruksi dan pertambangan, banyak memanfaatkan mesin *crusher* untuk memperkecil ukuran material. Keandalan mesin *crusher* sangat dipengaruhi oleh kondisi *bearing* sebagai komponen utama yang menopang poros dan mengurangi gesekan. *Bearing* merupakan komponen penting dalam sistem mekanis yang berfungsi untuk mengurangi gesekan dan menopang putaran poros. Kerusakan *bearing* umumnya dipicu oleh pelumasan yang tidak memadai, beban berlebih, suhu tinggi, dan getaran tidak normal. *Bearing* termasuk komponen yang paling sering mengalami kerusakan sehingga memerlukan pemantauan

kondisi secara berkelanjutan. Suhu dan getaran menjadi parameter utama dalam mendeteksi potensi kerusakan dini pada *bearing*.

Kerusakan pada *bearing* dapat menyebabkan *downtime*, meningkatkan biaya perawatan, serta mengganggu proses produksi. Suhu dan getaran yang tidak normal menjadi faktor utama kerusakan *bearing*, yang dapat dipicu oleh pelumasan tidak memadai, beban berlebih, atau kesalahan pemasangan. Suhu normal bearing berada pada rentang 0–70°C dan di atas 90°C termasuk kondisi bahaya, sedangkan getaran normal berada pada 0–4,9 m/s². Pemantauan parameter tersebut diperlukan untuk mendeteksi dini potensi kerusakan.

DS18B20 merupakan sensor suhu digital dengan tingkat akurasi tinggi dan rentang ukur yang luas, yaitu –55°C hingga 125°C. Sensor ini menggunakan komunikasi *one-wire* sehingga mempermudah integrasi dengan mikrokontroler dan memungkinkan penggunaan banyak sensor secara bersamaan. Setiap sensor memiliki alamat ID unik yang memastikan identifikasi akurat pada sistem monitoring.

MPU-6050 adalah sensor berbasis teknologi MEMS yang menggabungkan *accelerometer* dan *gyroscope* dalam satu modul. Sensor ini mampu mendeteksi percepatan dan perubahan orientasi dengan sensitivitas tinggi, sehingga efektif digunakan dalam pemantauan getaran mesin. MPU-6050 banyak diaplikasikan dalam sistem deteksi kerusakan karena mampu memberikan data getaran yang stabil dan konsisten.

Solid State Relay (SSR) merupakan perangkat switching elektronik yang tidak memiliki bagian mekanis sehingga memiliki ketahanan dan respons yang lebih baik dibandingkan relay konvensional. SSR digunakan sebagai aktuator dalam sistem proteksi otomatis ketika suhu atau getaran *bearing* melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

ESP32 adalah mikrokontroler yang dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth sehingga sangat mendukung aplikasi *Internet of Things* (IoT). ESP32 memiliki kemampuan pemrosesan yang cepat, konsumsi daya rendah, serta kompatibel dengan berbagai sensor. Kemampuannya mengirim data secara real-time menjadikan ESP32 cocok digunakan dalam sistem monitoring suhu dan getaran pada mesin industri.

Perkembangan mikrokontroler memungkinkan sistem monitoring suhu dan getaran dilakukan secara otomatis dan real-time. Sistem ini dapat mengidentifikasi perubahan kondisi bearing dan memberikan peringatan dini. Selain itu, pengembangan sistem monitoring berbasis mikrokontroler juga dapat mendukung penerapan pemeliharaan prediktif, sehingga potensi kerusakan dapat diantisipasi sebelum mengganggu proses produksi. Dengan pemantauan yang lebih akurat dan berkelanjutan, keandalan mesin *crusher* dapat ditingkatkan serta efisiensi operasional dapat dicapai secara optimal. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring suhu dan getaran pada *bearing* mesin *crusher* berbasis mikrokontroler untuk meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional mesin.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Bengkel Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Kampus 2 Politeknik Negeri Ujung Pandang

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah sebagai

berikut :

- a. Mikrokontroler ESP32
- b. Sensor DS18B20
- c. Sensor MPU-6050
- d. LCD 16x2
- e. PCB Titik
- f. Relay SSR (*Solid State Relay*)
- g. *Node-Red*
- h. *Message Queuing Telemetry Transport (MQTT)*
- i. *Software Arduino IDE*
- j. Laptop

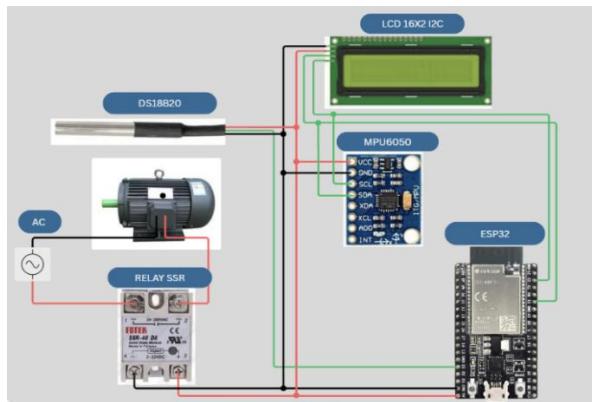
2.3 Tahap Penelitian



Gambar 1. Flowchart Penelitian

2.4 Skematik Rangkaian

Perancangan ini menggunakan ESP32 sebagai alat utamanya. ESP32 yang digunakan adalah mikrokontroler yang dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth sehingga sangat mendukung aplikasi *Internet Of Things* (IoT). Sensor suhu berfungsi untuk mencatat suhu pada *bearing* mesin *crusher* selama pengoperasian. Sensor getaran berfungsi untuk mendeteksi gerakan dan getaran yang disebabkan oleh *bearing* mesin *crusher*. Perancangan perangkat keras ditunjukkan pada gambar 1 dengan menggunakan diagram skema sistem yang dirancang.



Gambar 2. Rangkaian Skematik

Pada gambar 2. Menunjukkan rangkaian sistem monitoring suhu dan getaran pada *bearing* mesin ini dirancang dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali yang terhubung dengan berbagai sensor dan aktuator. Sensor suhu DS18B20 digunakan untuk mendeteksi perubahan temperatur pada bearing melalui jalur

komunikasi *One-Wire*, sedangkan sensor MPU6050 berfungsi mengukur getaran dan percepatan menggunakan antarmuka I2C. Kedua sensor tersebut memberikan data *real-time* yang diproses oleh ESP32 dan ditampilkan secara langsung pada modul LCD 16x2 berbasis I2C, sehingga operator dapat memantau kondisi bearing secara lokal. Selain pemantauan, ESP32 juga mengendalikan *Solid State Relay* (SSR) yang terhubung pada motor AC. Ketika sistem mendeteksi kondisi suhu atau getaran melebihi batas aman, ESP32 akan memutus arus melalui SSR untuk menghentikan operasi motor sebagai bentuk proteksi otomatis terhadap kerusakan lebih lanjut.

Data hasil pengukuran dari sensor kemudian dikirimkan oleh ESP32 melalui koneksi Wi-Fi menggunakan protokol *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT). Protokol ini memungkinkan pengiriman data secara efisien ke broker MQTT yang selanjutnya diterima oleh Node-RED. Pada platform Node-RED, data divisualisasikan dalam bentuk dashboard grafik *real-time*, sehingga kondisi bearing dapat dipantau dari jarak jauh. Selain itu, Node-RED juga dikonfigurasi untuk melakukan analisis ambang batas dan mengirimkan notifikasi otomatis ke pengguna melalui aplikasi WhatsApp ketika terdeteksi suhu atau tingkat getaran yang tidak normal. Dengan integrasi sensor, mikrokontroler, MQTT, dan Node-RED, sistem ini mampu memberikan monitoring kondisi bearing secara real-time sekaligus menyediakan mekanisme peringatan dini dan proteksi otomatis pada mesin.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil sistem monitoring suhu dan getaran berkaitan dengan mikrokontroler digunakan untuk *bearing* mesin *crusher* dan hasil kinerja alat ditampilkan sekaligus pada LCD. Adapun parameter yang akan diuji pada sistem monitoring berbasis mikrokontroler, yaitu pembacaan kondisi suhu, getaran, delay, dan error.

Monitoring pada *bearing* akan memperlihatkan kondisi suhu dan getaran dengan mendapatkan notifikasi melalui aplikasi whatsapp. Kondisi *bearing* dikatakan normal jika suhu berada di antara 0-70°C dan getaran 0-4.9 m/s², kondisi pemeliharaan (*check up*) jika suhu lebih dari 70°C, dan kondisi berbahaya (*danger*) jika suhu lebih besar dari 90°C. Ketika kondisi *danger* terdeteksi, sistem akan mematikan saklar atau *cut/off* secara otomatis, guna untuk menghindari kerusakan pada *bearing* mesin *crusher*.

Penelitian ini khusus digunakan untuk mengetahui kapan waktu yang tepat untuk

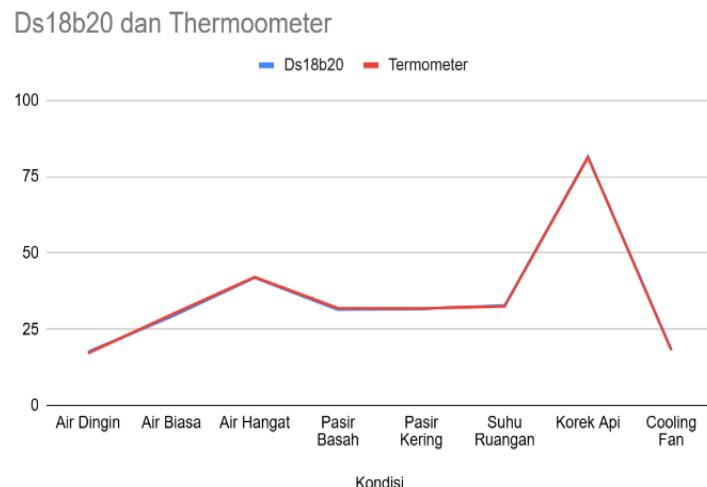
melakukan perawatan guna mencegah kerusakan yang mungkin terjadi pada *beraing* mesin *crusher*. Untuk mendukung pembacaan monitoring berbasis mikrokontroler secara *real-time*, maka dilakukan percobaan untuk perbandingan mengetahui persentase error pada alat yang telah dirancang.

Tabel 1. Data Perbandingan DS18B20 dengan Termometer

No	Kondisi	DS18B20	Termometer	Error	
		(°C)	(°C)	Error (%)	(%)
1	Air Dingin	17,6	17,1	0,5	2,92
2	Air Biasa	29,1	29,8	0,7	2,35
3	Air Hangat	41,9	42,1	0,2	0,48
4	Pasir Basah	31,4	31,9	0,5	1,57
5	Pasir Kering	31,7	31,8	0,1	0,31
6	Suhu Ruangan	32,8	32,5	0,3	0,92
7	Korek Api	81,6	81,3	0,3	0,37
8	<i>Cooling Fan</i>	18,4	18,1	0,3	1,66
Rata-Rata Error				1,32	

Tabel 1. menunjukkan hasil pengujian akurasi sensor suhu DS18B20 dengan membandingkan nilai pembacaannya terhadap termometer referensi pada berbagai kondisi lingkungan. Pengujian dilakukan pada delapan kondisi berbeda, mulai dari suhu rendah (air dingin), suhu normal, suhu tinggi (korek api), hingga kondisi khusus seperti pasir basah, pasir kering, dan aliran udara (cooling fan).

Setiap pengukuran menghasilkan selisih antara sensor dan termometer yang dinyatakan sebagai error absolut (°C) dan error relatif (%). Berdasarkan hasil analisis, nilai error yang diperoleh berkisar antara 0,1°C hingga 0,7°C, dengan rata-rata 1,32%, menunjukkan bahwa sensor DS18B20 memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan konsisten dalam berbagai kondisi pengujian.



Gambar 3. Grafik Perbandingan DS18B20 dengan Termometer

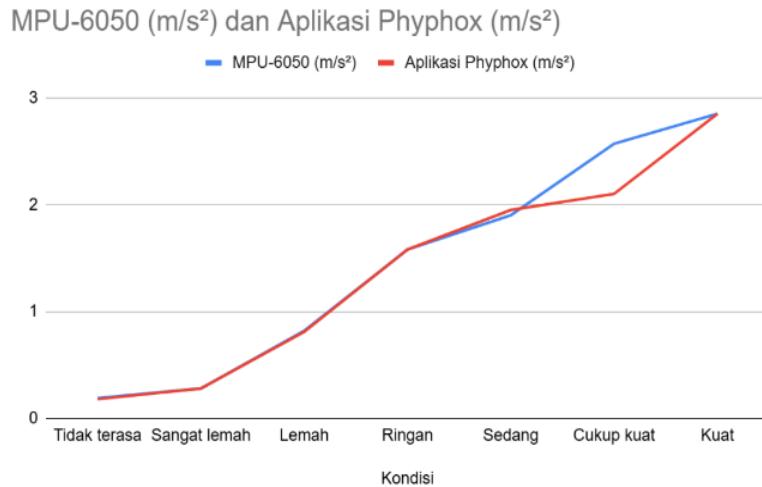
Grafik pada gambar 3. menunjukkan perbandingan suhu yang diukur sensor DS18B20 dan termometer pada berbagai kondisi. Secara umum, kedua perangkat menunjukkan pola perubahan suhu yang serupa, menandakan bahwa sensor bekerja dengan konsisten. Perbedaan paling mencolok terjadi pada kondisi Korek Api, di mana termometer bereaksi lebih cepat terhadap suhu tinggi dibandingkan DS18B20. Secara keseluruhan, grafik menunjukkan bahwa nilai pembacaan DS18B20 cukup akurat dan mengikuti perubahan suhu dengan baik.

Tabel 2. Data Perbandingan MPU-6050 dengan Aplikasi *Phyphox*

No	Kondisi	Aplikasi		
		MPU-6050 (m/s ²)	Phyphox (m/s ²)	Error
1	Tidak terasa	0,19	0,18	0,01
2	Sangat lemah	0,28	0,28	0
3	Lemah	0,82	0,81	0,01
4	Ringan	1,58	1,58	0
5	Sedang	1,9	1,95	0,05
6	Cukup kuat	2,57	2,1	0,04
7	Kuat	2,85	2,85	0
Rata-Rata Error				0,11

Tabel 2. menunjukkan hasil pengujian akurasi sensor percepatan MPU-6050 dengan membandingkan nilai percepatan yang terukur pada sensor terhadap nilai yang ditampilkan oleh aplikasi *Phyphox* sebagai acuan. Pengujian dilakukan pada tujuh kondisi getaran dengan tingkat intensitas berbeda, mulai dari kondisi tidak terasa hingga kuat.

Selisih antara pembacaan sensor dan aplikasi dinyatakan sebagai error absolut, yang pada pengujian ini berada pada kisaran 0 hingga 0,05 m/s². Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh rata-rata error sebesar 0,11, yang menunjukkan bahwa sensor MPU-6050 memiliki tingkat akurasi yang baik dan cukup stabil dalam mendekripsi variasi intensitas getaran.



Gambar 4. Grafik Perbandingan MPU-6050 dengan Phyphox

Grafik pada gambar 4. menunjukkan perbandingan nilai percepatan (getaran) yang diukur sensor MPU-6050 dengan nilai referensi dari aplikasi Phyphox pada tujuh tingkat intensitas getaran. Secara umum, kedua kurva memiliki pola kenaikan yang serupa, mulai dari kondisi *Tidak terasa* hingga *Kuat*, sehingga menunjukkan bahwa sensor MPU-6050 mampu mengikuti perubahan tingkat getaran dengan baik.

Perbedaan kecil terlihat pada kondisi *Sedang* dan *Cukup kuat*, di mana nilai MPU-6050 sedikit lebih tinggi dibandingkan Phyphox, namun selisihnya masih dalam batas error yang wajar. Secara keseluruhan, grafik ini memperlihatkan bahwa MPU-6050 memiliki performa pengukuran yang cukup akurat dan konsisten terhadap variasi intensitas getaran.

Tabel 3. Data hasil pengujian Suhu dan Getaran

Beban (Kg)	Durasi	Waktu	Suhu (°C)	Getaran (m/s²)	Ket
1	00.08.37	17.27	33,9	0,73	Motor on
2	00.14.38	17.27	33,9	0,89	Motor on
3	00.23.08	17.27	33,9	1,44	Motor on
4	00.29.07	17.27	34	0,46	Motor on
5	00.31.08	17.27	34	2,04	Motor on
6	00.37.38	17.27	34	1,38	Motor on
7	00.44.01	17.28	34	1,21	Motor on
8	00.52.04	17.28	34,1	0,97	Motor on
9	01.05.40	17.28	34,2	1,17	Motor on
10	01.18.30	17.28	34,2	0,99	Motor on

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 3. data suhu dan getaran diperoleh nilai rata-rata sebagai berikut :

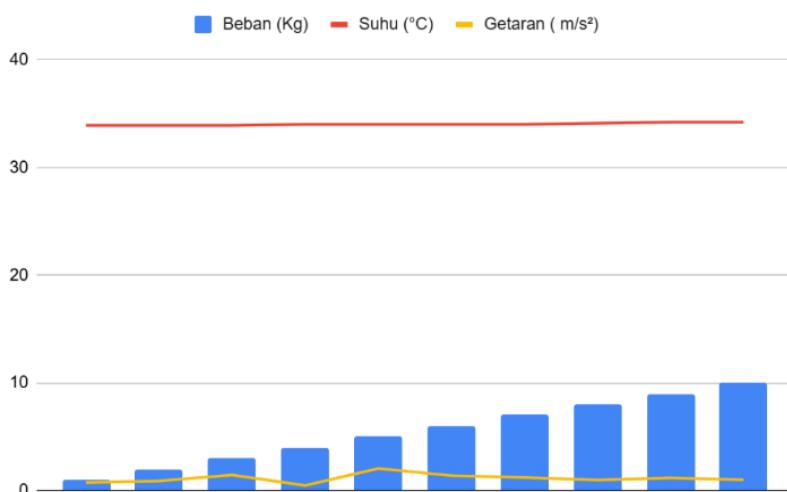
$$\text{Rata-ratasuhu} = \frac{33,9+33,9+33,9+34+34+34+34+34,1+34,2+34,2}{10} = \frac{34}{10} = 34,02^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rata-rataGetaran} = \frac{0,73+0,89+1,44+0,46+2,04+1,38+1,21+0,97+1,17+0,99}{10} = 1,128 \text{ m/s}^2$$

Adapun pengujian alat dilakukan pada mesin *crusher*, dimana dua sensor dipasang untuk pengambilan data yaitu sensor pertama diletakkan pada bagian *bearing*, sedangkan sensor lainnya dipasang pada komponen *shaft* mesin. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan beban berupa arang sebanyak 10 kilogram yang dimasukkan secara bertahap ke dalam mesin, yaitu bertambah per kilogram setiap kali pengujian. Berdasarkan hasil pengujian tersebut, diperoleh data suhu dan getaran pada bearing selama mesin beroperasi. Rata-rata suhu *bearing* adalah sebesar 34,02°C, dengan rentang suhu yang relatif stabil antara 33,9°C hingga 34,2°C.

Kondisi suhu ini menunjukkan bahwa *bearing* masih beroperasi dalam batas normal dan tidak mengalami kenaikan signifikan selama pengoperasian, mengindikasikan sistem pendinginan atau pelumasan bekerja dengan baik. Sementara itu, rata-rata nilai getaran pada bearing sebesar 1,128 m/s² dengan fluktuasi yang tidak selalu sebanding dengan peningkatan beban, misalnya pada beban 5 kilogram yang menunjukkan getaran tertinggi sebesar 2,04 m/s². Secara keseluruhan, hasil pengujian ini menunjukkan bahwa mesin *crusher* masih beroperasi dalam kondisi baik selama pengujian dengan beban bertahap, dan belum terdapat indikasi kerusakan atau gangguan pada *bearing*.

Adapun grafik dari data hasil pengujian yang terdapat pada tabel 3. Adalah sebagai berikut :



Gambar 5. Grafik Data Hasil Pengujian

Grafik pada gambar 5. menunjukkan hubungan antara beban (Kg), suhu (°C), dan getaran (m/s²) pada mesin crusher selama proses pengujian dengan beban yang ditingkatkan secara bertahap dari 1 hingga 10 kilogram. Sumbu horizontal menunjukkan peningkatan beban secara bertahap, sementara sumbu vertikal menggambarkan nilai suhu dan getaran yang terukur. Terlihat bahwa suhu bearing (ditandai dengan garis merah) relatif konstan dengan kenaikan yang sangat kecil saat beban bertambah, berkisar antara 33,9°C hingga sekitar 34,2°C. Kondisi ini mengindikasikan bahwa suhu bearing tetap stabil dan tidak mengalami peningkatan drastis, yang menandakan sistem pendinginan dan pelumasan mesin berfungsi dengan baik.

Sedangkan untuk getaran (garis kuning), nilai yang terekam menunjukkan variasi yang lebih besar dibanding suhu. Getaran mencapai nilai tertinggi pada beban sekitar 5 kilogram dengan angka mendekati 2,04 m/s², kemudian menurun dan cenderung stabil

pada nilai yang lebih rendah ketika beban terus bertambah hingga mencapai 10 kilogram. Pola ini mengindikasikan bahwa peningkatan beban tidak selalu berbanding lurus dengan tingkat getaran, kemungkinan disebabkan oleh faktor mekanis seperti keseimbangan beban, penempatan sensor, atau kondisi fisik bearing itu sendiri. Secara keseluruhan, nilai getaran yang tercatat masih dalam batas aman sesuai standar industri, sehingga menunjukkan bahwa mesin beroperasi dalam kondisi yang stabil dan aman.

4. KESIMPULAN

Hasil perancangan sistem menunjukkan bahwa sistem mampu bekerja dengan baik dan benar dalam memantau suhu dan getaran yang dipengaruhi oleh variasi beban serta durasi pengujian. Sistem memberikan respons yang baik terhadap perubahan kondisi, ditunjukkan oleh fluktuasi nilai getaran seiring dengan peningkatan beban dan waktu operasi. Selama proses pengujian berlangsung, motor tetap berada dalam keadaan "on", yang menandakan bahwa sistem kendali otomatis berfungsi secara stabil dan andal tanpa terjadi gangguan.

Sistem mikrokontroler yang menggunakan ESP32 telah berhasil diimplementasikan secara optimal untuk melakukan pembacaan dan pemantauan suhu serta getaran pada *bearing*. Berdasarkan data yang diperoleh, sistem mampu mencatat suhu dalam kisaran stabil antara 33,9°C hingga 34,2°C, serta mendeteksi getaran dengan nilai antara 0,46 hingga 2,04 m/s². Ini menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi dengan baik.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang membantu dan turut andil dalam menyelesaikan penelitian ini khususnya dosen pengajar, staff dan mahasiswa(i) program studi S-1 Terapan (D4) Teknologi Rekayasa Jaringan Telekomunikasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Afianto, N., & Jamaaluddin, J. (2020). Rancang Bangun Alat Ukur Temperatur Bearing Pada Pompa Industri Berbasis Arduino UNO. *SinarFe7*, 3(1).
- Artana, I. G. W., Ariastina, W. G., & Kumara, I. N. S. (2022). Rancang Bangun Sistem Pemantau Suhu Bearing Motor Untuk Pompa Sirkulasi Air Berbasis Iot. *Jurnal Spektrum* Vol, 9(2).
- Elsa Adrianti. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu, Kelembapan Dan Intensitas Debu pada Gua Leang-Leang Kabupaten Maros.
- Evalina, N., Susilo, J., & Amiruddin, A. (2024). Perancangan sistem monitoring suhu dan getaran pada bearing dapat motor induksi berbasis hmi. Rele (rekayasa elektrikal dan energi): *jurnal teknik elektro*, 6(2), 135-139.
- Fajri, A. S. (2023). Monitoring Temperature, Getaran, dan Kecepatan Motor Induksi 1 Phase Berbasis Website (Doctoral Dissertation, Universitas Bhayangkara Surabaya).
- Meidiasha, D., Rifan, M., & Subekti, M. (2020). Alat Pengukur Getaran, Suara Dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino. *Journal of Electrical Vocational Education and Technology*, 5(1), 27-31.

Syauqi, A., & Toding, D. C. (2021). Monitoring Getaran pada Bearing Motor Induksi Satu Fasa (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Ujung Pandang)