SISTEM KONTROL PERAWATAN MOTOR LISTRIK AKIBAT GETARAN PADA RUBBER TYRED GANTRY CRANE

Abdul Kadir Muhammad[1,*], Imran Habriansyah[2], Ahmad Nur[3,**], Fatchul Gani[4,**]
[1,2,3,4] *Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*

ABSTRACT

The purpose of this study is to develop and implement a vibration detection system using a triaxial sensor on the hoist motor of a Rubber Tyred Gantry Crane (RTGC). The method involves installing a vibration sensor on the electric motor to measure vibrations across three axes. The collected vibration data was stored in Comma Separated Values (CSV) and Java Script Object Notation (JSON) file formats and analyzed to classify the vibrations according to International Standardization Organization (ISO) 10816 standards. The results indicate that the highest recorded vibrations on the hoist motor were 5 mm/s and 7 mm/s, particularly during the combined movements of the hoist and trolley. These vibrations were influenced by the trolley reel panel and RTGC operating conditions, such as sudden torque changes due to braking. The real-time monitoring system performed well, with the website displaying real-time data and classifying motor conditions based on predefined thresholds. The classifications include good for vibrations <1.4 mm/s, satisfactory for vibrations <2.4 mm/s, unsatisfactory for vibrations <4.5 mm/s, and unacceptable for vibrations >7.1 mm/s.

Keywords: *Electric Motor, ISO 10816, Real-time Monitoring System, Rubber Tyred Gantry Crane, Vibration Sensor*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sistem deteksi getaran menggunakan sensor triaksial pada motor hoist pada *Rubber Tyred Gantry Crane* (RTGC). Metode yang digunakan meliputi pemasangan sensor getaran pada motor listrik untuk mengukur getaran pada tiga sumbu. Data getaran yang dikumpulkan disimpan dalam format file *Comma Separated Values* (CSV) dan *Java Script Object Notation* (JSON) dan dianalisis untuk mengklasifikasikan getaran berdasarkan standar *International Standardization Organization* (ISO) 10816. Hasil penelitian menunjukkan bahwa getaran tertinggi yang tercatat pada motor *hoist* adalah 5 mm/s dan 7 mm/s, terutama saat kombinasi gerakan *hoist* dan *trolley*. Getaran ini dipengaruhi oleh getaran dari *reel panel trolley* dan kondisi operasional RTGC, seperti perubahan torsi mendadak akibat pengereman. *Sistem monitoring real-time* berjalan dengan baik, dengan *website* yang mampu menampilkan data secara langsung dan klasifikasi kondisi motor berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Klasifikasi ini meliputi kondisi *good* untuk getaran <1.4 mm/s, *satisfactory* untuk getaran <2.4 mm/s, *unsatisfactory* untuk getaran <4.5 mm/s, dan *unacceptable* untuk getaran >7.1 mm/s.

Kata Kunci: *ISO 10816, Motor Listrik, Rubber Tyred Gantry Crane, Sensor Getar, Sistem Monitoring Real-time*

1. PENDAHULUAN

Industri pelabuhan petikemas memiliki peranan sentral dalam distribusi barang secara efisien di dalam rantai pasok global. Dalam situasi operasional yang dinamis, keandalan dan ketersediaan peralatan kran kontainer khususnya *Rubber Tyred Gantry Crane* (RTGC) menjadi faktor utama dalam menjaga kelancaran alur logistik. Fokus utama dari perusahaan terminal petikemas adalah kemampuan untuk melayani bongkar muat kontainer dengan cepat dan efisien, sehingga mengurangi waktu tunggu kapal. Untuk mendukung hal ini, tentu saja ketersediaan dan kinerja peralatan RTGC sangat penting. RTGC merupakan alat pengangkat yang digunakan untuk memindahkan peti kemas dari terminal truk ke tempat tumpukan petikemas atau sebaliknya dan dapat menumpuk atau membongkar di blok-blok terminal penumpukan [1].

Keberhasilan dalam mendeteksi potensi masalah pada RTGC menjadi krusial untuk menjaga performa optimalnya. Kegagalan tiba-tiba pada komponen kritis dapat menyebabkan *downtime* yang lebih lama, situasi ini tentu memerlukan pemesanan *part* terlebih dahulu terutama ketika *part* pengganti sulit ditemukan di pasaran. Ketidaktersediaan *part* biasanya disebabkan oleh ketidakmampuan memprediksi secara akurat komponen mana yang akan mengalami kerusakan sehingga perusahaan tidak dapat mempersiapkan persediaan *part* pengganti dengan tepat waktu. Ketidakpastian ini dapat menghambat efisiensi operasional dan membawa dampak finansial yang dapat merugikan perusahaan. Salah satu komponen penting dalam operasional RTGC adalah motor induksi. RTGC memiliki beberapa motor induksi yang berperan dalam menggerakkan berbagai komponen RTGC ke posisi yang diinginkan.

* Korespondensi penulis: Abdul Kadir Muhammad, email kadir.muhammad@poliupg.ac.id
** Mahasiswa

Motor Induksi dapat dikatakan dalam artian sebuah motor arus bolak balik (AC). Arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator [2]. Motor induksi merupakan salah satu penunjang sebuah industri dalam efisiensi operasional di lapangan. Namun, kerusakan pada motor induksi bisa saja terjadi. Kerusakan motor induksi pada umumnya, yaitu *unbalance*, kerusakan pada *bearing*, dan mekanikal *looseness*. Dengan adanya sebuah data dapat memudahkan dalam menganalisa penanganan yang tepat dengan alat yang sesuai, dengan harapan mampu memudahkan langkah awal yang akan diambil pada saat memperoleh kerusakan yang dipicu oleh tingginya vibrasi, dengan tujuan meredam gejolak vibrasi yang mungkin timbul, agar tidak berpengaruh pada komponen motor yang lain [3]. Jika kerusakan pada motor induksi tidak terdeteksi sejak awal, dapat mengakibatkan kerusakan serius dengan berbagai jenis masalah. Kerusakan pada motor dapat menyebabkan hilangnya waktu produktif karena perbaikan mesin yang memakan waktu, biaya pemeliharaan yang tinggi karena banyaknya komponen yang ingin diganti [4].

Kemampuan dalam melakukan pemantauan secara terus-menerus terhadap peralatan menjadi tantangan bagi perusahaan dalam mencapai kelayakan dan ketersedian peralatan dalam beroperasi, terbatasnya pengawasan terhadap perubahan dan potensi kerusakan pada peralatan mengakibatkan sulitnya mendapatkan informasi yang cepat dan tepat. Hal ini dapat membuat kerusakan pada peralatan menjadi lebih kompleks dan dapat menimbulkan biaya perbaikan yang lebih tinggi. Seiring dengan kemajuan teknologi sensor dan sistem kontrol otomatis, dengan sistem kontrol perawatan motor listrik akibat getaran serta melakukan pendekatan *website* sebagai *monitoring real-time*, RTGC dapat diawasi secara terus-menerus. Pendekatan ini dapat memberikan keunggulan dalam mendeteksi perubahan kondisi pada motor dan komponen mekanis serta memungkinkan jadwal perawatan yang lebih efisien dan terukur. Dalam rangka meningkatkan efektivitas perawatan dan mengurangi risiko kegagalan yang terjadi tiba-tiba, diperlukan pendekatan yang proaktif. Salah satu solusi yang bisa digunakan adalah sistem kontrol perawatan motor listrik akibat getaran pada RTGC.

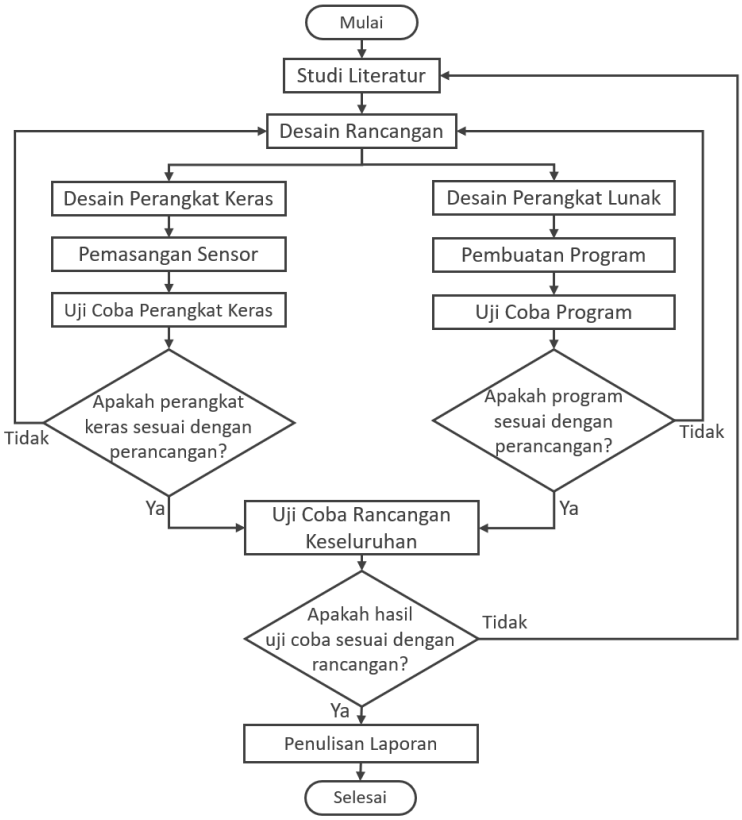
"Getaran atau vibrasi adalah getaran paksa atau gerakan osilasi (bolak-balik) yang terjadi karena rangsangan gaya luar dan berulang dari bagian suatu mesin yang elastis dari posisi kesetimbangan statis (posisi diam) pada interval tertentu jika kesetimbangan tersebut terganggu oleh adanya gaya gerakan badan mesin" [5]. Getaran memiliki peran penting dalam berbagai hal, dari pemahaman sifat gelombang hingga aplikasi dalam desain struktur. Konsep-konsep fisika ini membantu menjelaskan fenomena getaran secara umum dan digunakan dalam berbagai bidang penelitian dan aplikasi teknologi. Deteksi getaran dapat memberikan petunjuk awal tentang kondisi peralatan, memungkinkan identifikasi potensi kerusakan sebelum mencapai tahap kritis.

2. METODE PENELITIAN

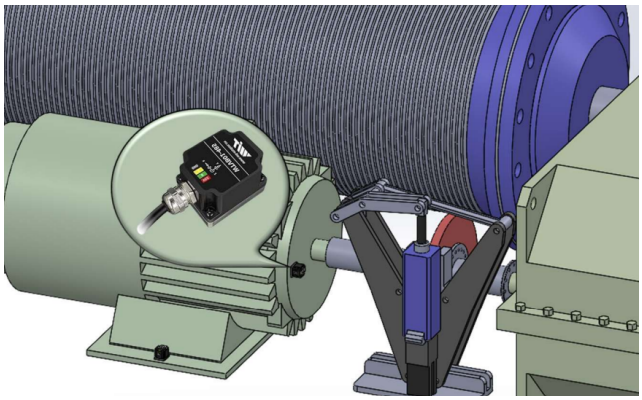
Lokasi penelitian ini dilakukan di PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Terminal Petikemas *New* Makassar yang terletak di Jl. Sultan Abdullah Raya Kecamatan Tallo Makassar Sulawesi Selatan dan Laboratorium Robotika dan Kontrol Kampus Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu penelitian berlangsung selama 7 bulan yang dimulai dari bulan Februari 2024 sampai dengan bulan Agustus 2024. Diagram alir prosedur perancangan deteksi getaran pada Gambar 1, desain Rancangan Perangkat keras berupa penempatan sensor getar pada Gambar 2, Desain elektronik deteksi getaran Gambar 3, dan *International Standardization Organization* (ISO) 10816 sebagai pedoman tingkat klasifikasi kondisi motor terhadap getaran pada Gambar 4.

Desain Eletronik yang ditambahkan pada sistem ini hanya Sensor Vibrasi dan Konverter RS-485 to *ethernet* karena komponen lainya telah terpasang pada RTGC. PC yang digunakan merupakan PC tambahan yang bukan PC utama dari RTG sehingga proses pengambilan data tidak menggangu kinerja PC RTGC.

Motor yang dideteksi adalah Motor *Hoist* karena merupakan motor dengan daya yang paling besar di antara motor-motor yang ada pada RTGC dengan daya sebesar 210 kW, dilihat dari ISO 10816 motor ini masuk dalam kategori *Machine group* 2 dengan posisi *Flexible* karena RTGC ini bersifat *mobile*, getaran <2,3 mm/s menunjukkan motor dalam kondisi baru, getaran 2,3 - 4,5 mm/s menunjukkan motor dapat digunakan dalam jangka waktu panjang, getaran 4,5 – 7,1 mm/s menunjukkan motor dapat digunakan dalam jangka waktu pendek, dan motor tidak dapat beroperasi pada getaran >7,1 mm/s.

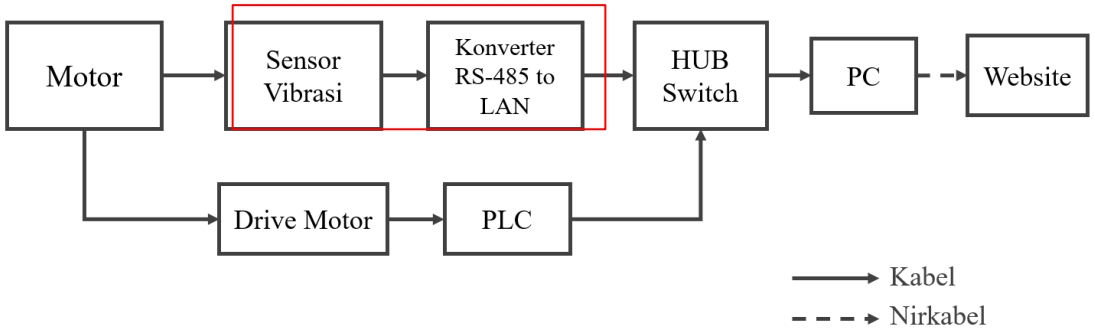


Gambar 1. Diagram alir prosedur perancangan deteksi getaran

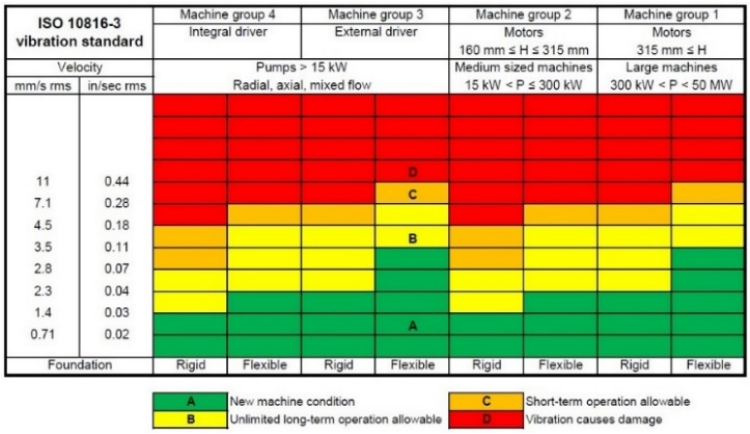


Gambar 2. Posisi penempatan sensor getar pada motor *hoist* dan *frame*

Sensor getar yang digunakan adalah sensor dengan tipe WTVB01- 485, yang dapat membaca data suhu permukaan motor dan kecepatan getaran pada sumbu X, Y, dan Z. Sensor ini ditempatkan di bagian terdekat dengan *bearing* pada permukaan yang datar dan sejajar pada *shaft* motor agar pembacaan getaran akurat.



Gambar 3. Desain eletronik deteksi getaran



Gambar 4. Standar vibrasi ISO 10816

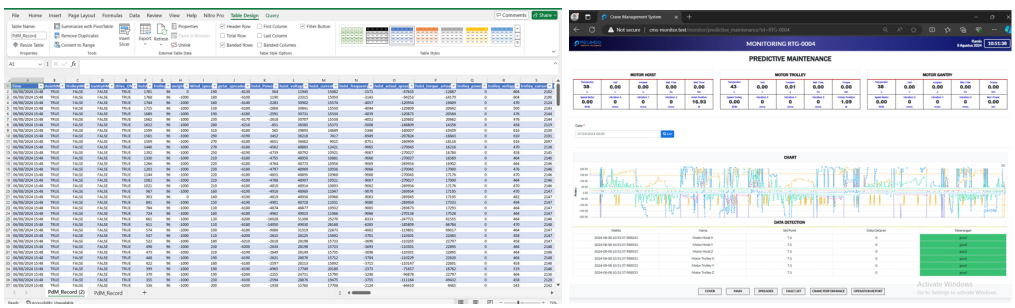
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan dua sensor getar yang di pasang pada motor *hoist* yang bertujuan untuk melakukan pengukuran langsung getaran yang terjadi pada motor hoist itu sendiri dan sensor getar pada *frame* motor *hoist* bertujuan untuk memantau getaran yang terjadi di area motor hoist.

(a) (b)

Gambar 5. Pemasangan sensor getar
(a) Sensor pada motor *hoist*, (b) Sensor pada *frame* motor *hoist*

Berdasarkan hasil deteksi getaran dan pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa sistem dapat bekerja dengan baik, dibuktikan dengan hasil *record* data yang bisa menyimpan data setiap detik dan sistem *monitoring* yang dapat menampilkan data serta klasifikasi getaran dengan baik.

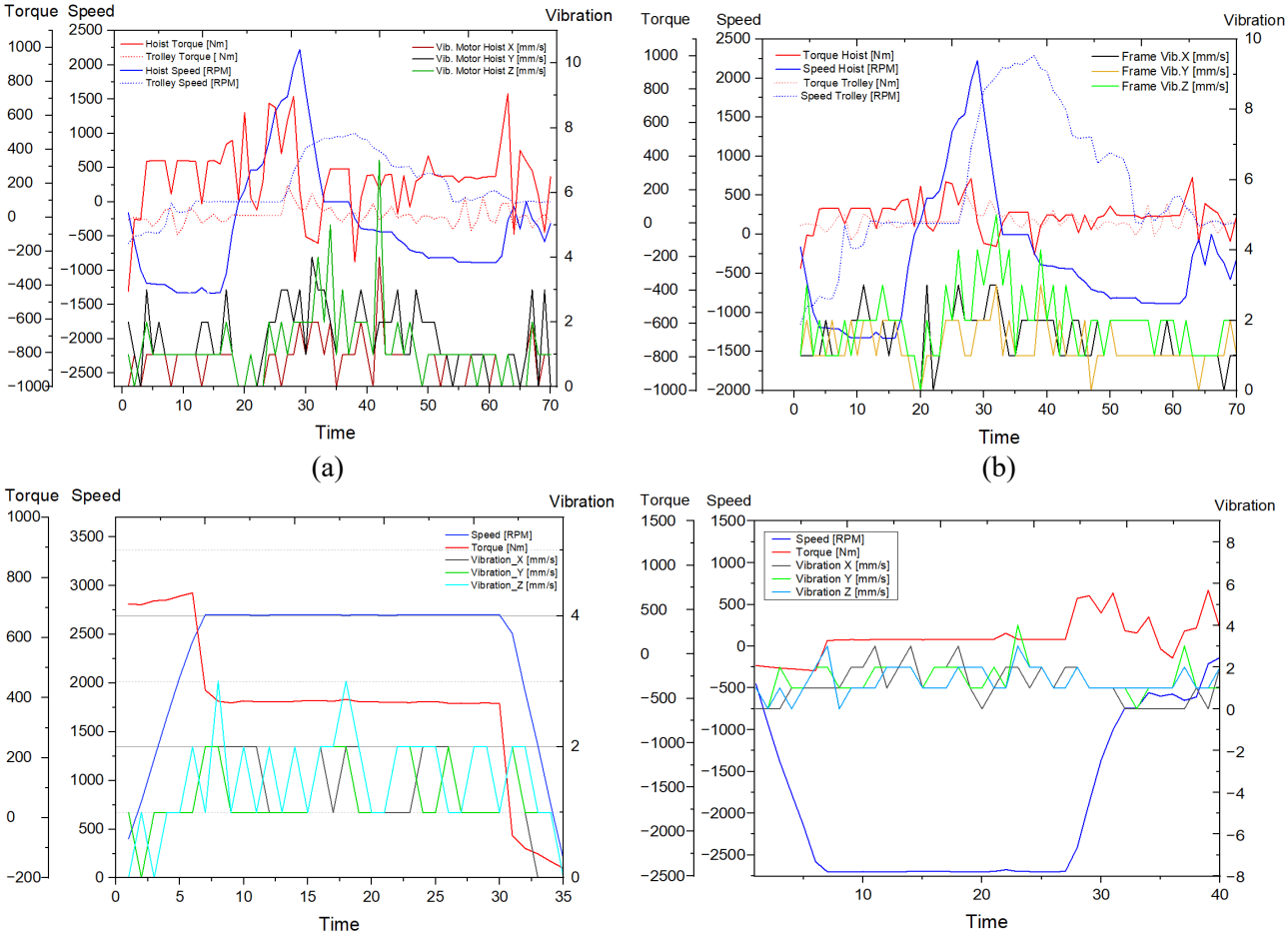


(a) (b)

Gambar 6. Hasil deteksi getaran
(a) Data *report*, (b) Tampilan *website*

Data *report* ini disajikan dalam bentuk file CSV yang merekam data getaran dan data kerja motor listrik setiap RTGC dalam keadaan beroperasi. Data akan disimpan dalam struktur folder tahun/bulan/hari/*file report* dengan demikian *delay* penarikan data report diminimalkan dengan struktur folder yang efisien.

Tampilan *Website* ini menampilkan kondisi motor, grafik, dan label warna berdasarkan ISO 10816 dengan kategori terbagi menjadi 4 klasifikasi kategori, yaitu *good* untuk motor listrik kondisi baru yang ditampilkan dengan warna hijau, *satisfactory* untuk motor listrik dalam kondisi baik yang dapat digunakan dalam jangka panjang ditampilkan dengan warna biru, *unsatisfactory* untuk kondisi motor listrik tidak layak digunakan dalam jangka panjang ditampilkan dengan warna kuning, dan *unacceptable* untuk kondisi motor listrik yang tidak diizinkan untuk beroperasi ditampilkan dengan warna merah. Tabel klasifikasi getaran pada website juga menampilkan *set-point* maksimal getaran yang telah ditentukan sebelumnya pada program serta tabel ini menampilkan nilai getaran motor listrik yang mana klasifikasi ini akan terus diperbaharui setiap detik dalam halaman *website*.



Gambar 7. Data getaran dan data kerja motor
(a) Grafik getaran kombinasi gerakan *hois*t dan *trolley,* (b) Grafik getaran area motor *hoist,*
(c) Grafik getaran motor *hoist up* (d) Grafik getaran motor *hoist down*

Berdasarkan data getaran yang dihasilkan terjadi beberapa lonjakan getaran yang cukup tinggi yang dapat melebihi standar normal ISO 10816, yaitu getaran > 2,4 mm/s atau masuk dalam kategori *unsatisfactory*. Faktor yang mempengaruhi hal ini adalah terjadi perubahan tiba-tiba secara signifikan pada torsi motor yang diakibatkan oleh pengereman yang dilakukan operator pada saat beroperasi. Faktor lainnya, yaitu lingkungan penggunaan RTGC pada area dermaga, posisi motor *hoist* yang berada diketinggian, dan penempatan motor hoist yang diletakkan diatas *reel trolley* yang dapat menimbulkan getaran lebih pada saat gerakan kombinasi *hoist* dan *trolley*. "Secara umum, sumber getaran dari motor listrik dapat dibagi menjadi empat jenis utama. Yang pertama adalah sumber elektromagnetik (EM) yang disebabkan oleh komponen elektromagnetik. Yang

kedua adalah sumber mekanik akibat karakteristik bantalan. Yang ketiga adalah sumber aerodinamik oleh aliran udara di dalam atau di luar motor listrik. Yang terakhir adalah sumber beban eksternal dari kondisi dudukan motor listrik dan karakteristik pemasangan" [6]. Selain itu ketinggian juga berdampak pada suhu motor yang meningkat karena kepadatan udara yang berkurang. "Efek ketinggian terhadap motor listrik dapat menyebabkan motor terkena panas berlebih dan elektronik rusak mempengaruhi kinerja motor dan berpotensi meningkatkan getaran karena ekspansi termal dan tekanan material" [7].

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem yang telah dijalankan secara terus-menerus selama beberapa hari mampu berjalan dengan baik. Meskipun pada beberapa percobaan awal *load data report* yang terlalu banyak mengakibatkan *delay* pada penyimpanan data CSV. Selain itu, beberapa kondisi koneksi antara program dengan perangkat sensor dan PLC terputus sehingga mengakibatkan program yang dijalankan berhenti. Adapun solusi dari kendala *load data* adalah dengan membagi file CSV dalam folder yang berbeda berdasarkan tahun, bulan, dan hari sehingga program menghasilkan file CSV yang berbeda di setiap harinya. Sementara untuk mengatasi kendala koneksi yang terputus ditambahkan program *auto-run* di mana jika terjadi masalah koneksi dengan sensor maupun PLC maka program akan mencoba mengakses kembali program dan menjalankannya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sensor triaksial untuk mendeteksi getaran pada motor *hoist Rubber Tyred Gantry* Crane (RTGC) telah berhasil dengan baik. Program yang dibuat mampu menyimpan data getaran dalam format CSV dan JSON, yang kemudian dianalisis untuk menentukan klasifikasi getaran *motor hoist*. Getaran tertinggi yang tercatat adalah 5 mm/s dan 7 mm/s, terutama saat terjadi kombinasi gerakan *hoist* dan *trolley*, yang dipengaruhi oleh getaran dari *reel panel trolley* serta kondisi operasi RTGC, seperti perubahan torsi tiba-tiba akibat pengereman. Sistem *monitoring real-time* juga berjalan efektif, dengan *website* yang menampilkan data nilai dan grafik setiap detik, serta mengklasifikasikan getaran berdasarkan ambang batas: *good* (<1.4 mm/s), *satisfactory* (<2.4 mm/s), *unsatisfactory* (<4.5 mm/s), dan *unacceptable* (>7.1 mm/s).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, khususnya kepada PT. Pelabuhan Indonesia (Persero) Terminal Petikemas New Makassar yang telah memberikan izin dan pendanaan terhadap penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] J. A. Marpay Dan S. Rahayuningsih, "Analisis Kinerja Alat Angkat Rtg (Rubber Tyred Gantry) Dalam Operasional Bongkar Muat Peti Kemas Di Pt Xz," 2022.

[2] J. Siburian, [1]) Jumari, A. Simangunsong, U. Darma, Dan A. Medan, "Studi Sistem Star Motor Induksi 3 Phasa Dengan Metode Star Delta Pada Pt. Toba Pulp Lestari Tbk," Sep 2020.

[3] A.-R. A.-Z. D. Setiono, "Analisis_Amplitudo_Getaran_Terhadap_Jenis_Kerusakan," vol. 2, hlm. 19–31, Jun 2020.

[4] D. Meidiasha, M. Rif'an, M. Subekti, P. T. Elektro, F. Teknik, Dan U. N. Jakarta, "Alat Pengukur Getaran, Suara Dan Suhu Motor Induksi Tiga Fasa Sebagai Indikasi Kerusakan Motor Induksi Berbasis Arduino," 2019.

[5] W. W. Saputri Alfira, "Analisis Predictive Maintenance Pada Motor High Pressure Oil Pump (Hp Oil Pump) Dengan Monitoring Vibrasi Di Pltu Barru," 2023.

[6] S. Cho, K. Jeon, dan C. W. Kim, "Vibration analysis of electric motors considering rotating rotor structure using flexible multibody dynamics-electromagnetic-structural vibration coupled analysis," *J Comput Des Eng*, vol. 10, no. 2, hlm. 578–588, Apr 2023, doi: 10.1093/jcde/qwad012.

[7] eMotorsDirect, "Altitude Effects on Electric Motors," Knowledge Center Home, 15 Maret 2023. [Online]. Tersedia pada: https://www.emotorsdirect.ca/knowledge-center/article/altitude-effects-on-electric-motors [Diakses: 08 September 2024].