

**PERANCANGAN SIMULASI *MONITORING* JARAK JAUH DENGAN SENSOR
GETARAN UNTUK MEMPREDIKSI KERUSAKAN MESIN CNC *MILLING A*
PADA
PT. SANDY GLOBALINDO**

***DESIGN OF DISTANCE MONITORING SIMULATION WITH VIBRATION SENSOR
TO PREDICT THE DAMAGE OF CNC MILLING A MACHINES IN
PT. SANDY GLOBALINDO***

Annisa Prias Maysarah¹, Fransiskus Tatas Dwi Atmaji², Judi Alhilman³
1,2,3Prodi S1 Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom

¹annisapriasmaysarah@student.telkomuniversity.ac.id, ²franstatas@telkomuniversity.ac.id, ³
judi.alhilman@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Beberapa tahun ke depan, industri akan memasuki era baru yang disebut *Industry 4.0*. *Industry 4.0* merupakan tahap industri baru di mana ada integrasi antara sistem operasi manufaktur, teknologi informasi, dan komunikasi (TIK), terutama *Internet of Things (IoT)*. PT Sandy Globalindo merupakan perusahaan swasta yang memproduksi beberapa produk *spare part* motor sesuai pesanan yang ada atau *made to order*. Mesin CNC *Milling A* merupakan salah satu dari sebelas mesin CNC yang dimiliki oleh PT. Sandy Globalindo. Mesin ini memiliki fungsi untuk membentuk material dengan bentuk dasar balok menjadi bentuk yang diinginkan. Seringkali terjadi kerusakan pada mesin ini yang diakibatkan oleh *coolant* yang secara terus-menerus membasahi *bearing rel*, sehingga permukaan *bearing rel* permukaannya tidak lagi rata dan berkarat. Hal tersebut berdampak pada proses produksi menjadi terganggu karena kerusakan pada *bearing rel* menyebabkan getaran pada mesin tinggi sehingga *output* yang dihasilkan tidaklah sesuai standar yang ditetapkan yakni kasar dan tidak lulus uji *Quality Control*. Maka dari itu, diperlukan suatu alat yang dapat mendeteksi degradasi fungsi dari *bearing rel*. Alat ini dapat memantau getaran yang terjadi pada mesin secara *real time*.

Kata kunci: *Industry 4.0, IoT, bearing rel, coolant, CNC Milling*

Abstract

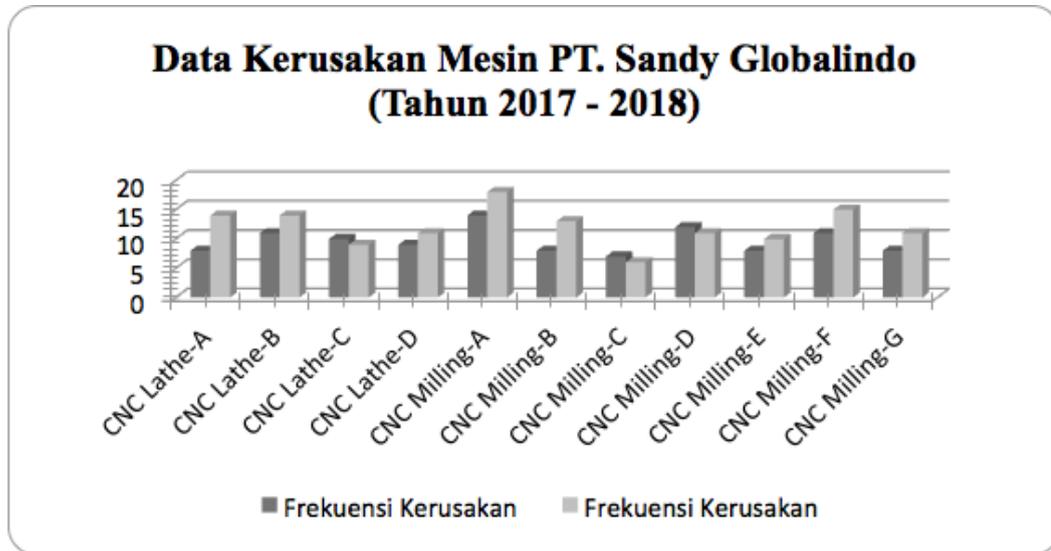
In the next few years, the industry will enter a new era called Industry 4.0. Industry 4.0 is a new industrial stage where there is integration between manufacturing operations, information technology and communication (ICT) systems, especially the Internet of Things (IoT). PT Sandy Globalindo is a private company that produces several motorbike spare parts products according to existing orders or made to order. CNC Milling A machine is one of eleven CNC machines owned by PT. Sandy Globalindo. This machine has a function to form the material with the basic shape of the beam into the desired shape. Damage to this machine is often caused by coolants that constantly wet the rail bearing, so that the surface of the surface rail bearing is no longer flat and rusty. This has an impact on the production process which is disrupted because damage to the rail bearing causes vibrations to the high engine so that the output produced is not in accordance with the standard set, which is rough and does not pass the Quality Control. Therefore, we need a device that can detect the function degradation of the bearing rail. This device has the ability to monitor vibrations that occur on the machine in real time.

Keywords: *Industry 4.0, IoT, rail bearing, coolant, CNC Milling*

1. Pendahuluan

PT. Sandy Globalindo merupakan perusahaan swasta yang memproduksi beberapa produk *spare part* motor. Perusahaan ini terletak di Jl. Gn. Satria No.2A, Pasirkaliki, Cimahi Utara, Kota Cimahi, Jawa Barat 4051 dan memiliki jam operasional Senin sampai *Jumat* yang dimulai pukul 07.00 WIB hingga 01.00 WIB. PT Sandy Globalindo memproduksi *spare part* sesuai pesanan yang ada atau *made to order*. Proses pembuatan *spare part* membutuhkan mesin-mesin yang siap beroperasi selama dibutuhkan. Dalam menjalankan usahanya, bukan hal yang mudah untuk memastikan sebuah mesin dapat beroperasi selama 24 jam tanpa permasalahan dalam jangka waktu yang ditentukan.. Untuk memastikan system selalu tersedia, PT. Sandy Globalindo memiliki kebijakan *corrective maintenance* serta *preventive maintenance* dalam mengatasi kerusakan mesin. PT. Sandy Globalindo memiliki teknisi yang siap selama jam operasional untuk melakukan perbaikan apabila terjadi

kegagalan system pada mesin. Walaupun terdapat SOP untuk melakukan *preventive maintenance* saat ini perusahaan belum melaksanakan *preventive maintenance* secara berkala dikarenakan biaya yang dibutuhkan tinggi. Berikut merupakan data frekuensi kerusakan mesin pada PT. Sandy Globalindo.



Gambar 1 Grafik Kerusakan Mesin di PT Sandy Globalindo

Dapat terlihat dari grafik di atas bahwa mesin *CNC Milling A* memiliki frekuensi kerusakan tertinggi. Sebagian besar kerusakan yang dialami oleh mesin *CNC Milling A*, diakibatkan oleh komponen *bearing* rel, yakni yang memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi. Kerusakan *bearing* rel diakibatkan oleh *coolant* yang secara terus-menerus membasahi *bearing* rel yang mengakibatkan *bearing* rel berkarat (permukaannya tidak lagi rata), sehingga proses pembuatan produk menjadi terganggu karena output yang dihasilkan tidaklah sesuai standar yakni kasar. Hal tersebut mengakibatkan *output* yang telah dihasilkan tidak lulus *Quality Control* yang mengakibatkan kerugian bagi perusahaan. Berdasarkan laporan perbaikan mesin tahun 2017-2018, ketika *bearing* rel dari mesin *CNC* mengalami kerusakan, getaran pada mesin mengalami kenaikan yang signifikan. Berdasarkan permasalahan yang ada pada perusahaan ini, akan dilakukan analisa penggunaan *intelligent prognostics tools*, yakni sensor berbasis IoT untuk memprediksi kerusakan mesin *CNC Milling A* pada PT. Sandy Globalindo. *Intelligent prognostics tools* merupakan alat yang dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat memprediksi kerusakan yang terjadi pada sebuah mesin. Sehingga, apabila akan terjadi kerusakan pada sebuah mesin akan terdeteksi dan mesin akan terhindar dari tindakan *corrective maintenance* yang dapat mengganggu produktivitas perusahaan serta *preventive maintenance* yang membutuhkan biaya yang tinggi.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Maintenance

Maintenance atau yang dikenal sebagai perawatan merupakan aktivitas agar komponen/ sistem yang rusak akan dikembalikan/diperbaiki dalam suatu kondisi tertentu pada periode tertentu atau usaha yang dilakukan untuk memperpanjang usia asset, dan untuk menjamin kemampuan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi (atau jasa) dan mendapatkan laba investasi (*return on investment*) maksimum yang memungkinkan [1]. *Maintenance* juga dapat diartikan sebagai kegiatan untuk mengembalikan fungsi dari mesin atau sistem ke fungsi normal. Kegiatan *maintenance* sering dilakukan pada pabrik yang memiliki mesin-mesin besar [2]. Kredibilitas perusahaan didapatkan dengan menjaga mutu produk yang diproduksi. Ketika mesin rusak, produksi akan berhenti dan mengganggu proses produksi. Oleh karena itu, sistem pemeliharaan harus dikelola secara efektif untuk menyelesaikan masalah tersebut [3]. Perawatan peralatan, fasilitas atau mesin-mesin produksi pada umumnya kurang memperoleh perhatian dari pimpinan produksi dari perusahaan terutama pada perusahaan dengan skala kecil dan menengah yang pada umumnya dikelola secara tradisional [4].

2.2 Maintenance 4.0

Maintenance 4.0 atau dikenal sebagai *predictive maintenance* merupakan sebuah konsep dimana mesin akan terdeteksi kerusakannya. Sehingga, diharapkan dengan penerapan *predictive maintenance* ini, dapat menekan biaya karena *corrective* dan *preventive maintenance* lambat laun akan hilang. Ketika mesin cerdas dipasang jaringan dan dipantau dari jarak jauh, dan ketika data mereka dimodelkan dan kemudian dianalisis dengan sistem tertanam yang canggih, sangat mungkin mungkin untuk melampaui dasar dari *predictive maintenance*

untuk kecedasan prognostik [5]. *Maintenance* 4.0 identik dengan IoT yakni konektivitas pemantauan nirkabel yang digunakan untuk meminimalisasi masalah yang ada dengan memperkenalkan kerangka kerja dasar terutama untuk mesin dan peralatan industri yang menggunakan teknologi berbasis *cloud*. Dengan berkembangnya *maintenance* 4.0 mesin dan peralatan manufaktur dapat dipantau kapan saja dan diakses di mana saja [6].

2.3 IoT

Internet of Things (IoT) adalah istilah yang telah diperkenalkan dalam beberapa tahun terakhir, dan kemampuan komunikasi nirkabel yang terintegrasi dengan sensor dan komputasi, sehingga memungkinkan hal-hal unik yang dapat diidentifikasi untuk menyediakan data melalui Internet dengan interaksi manusia yang terbatas atau tidak ada sama sekali. Fitur kecerdasan menjadi hal yang membedakan IoT dari internet biasa. Karena internet telah meningkat pesat dalam beberapa dekade terakhir, internet telah menjadi bagian dari kehidupan masyarakat kita. IoT adalah salah satu aplikasi dari revolusi *Industry 4.0* saat ini. Setelah internet berkembang dengan pesat, beberapa sarjana dan ilmuwan akan mengembangkan IoT dan menerapkannya ke berbagai bidang. Beberapa ahli menyebutkan bahwa IoT akan menjadi hal besar di masa depan.[7]. IoT membantu sebuah sistem untuk mendukung berbagai fungsi jaringan sepanjang pembangkitan, transmisi, distribusi, dan konsumsi energi dengan menggabungkan perangkat IoT (seperti sensor, aktuator dan smart meter), serta dengan menyediakan konektivitas, otomatisasi, dan pelacakan yang salah satu contohnya adalah perangkat [8]. Namun, berdasarkan penelitian tantangan untuk adopsi teknologi IoT di negara-negara berkembang berbeda dari yang ada di negara maju, sehingga memerlukan *treatment* khusus dalam penerapannya [9]. Seperti halnya di Indonesia yang memerlukan beberapa strategi khusus yakni membangun institusi penelitian, membangun grup profesional, kolaborasi antara Pemerintah –Institusi / universitas-Asosiasi-Industri, dan mempercepat dan membina pendidikan 4.0 [10].

2.4 Arduino Uno

Arduino adalah platform prototipe elektronik *open source* yang didasarkan pada perangkat keras dan lunak yang fleksibel dan mudah digunakan. Proyek Arduino bisa berdiri sendiri, atau mereka dapat berkomunikasi dengan perangkat lunak yang berjalan di komputer. Selain sederhana dan mudah dipahami, Arduino juga memiliki kelebihan lain yakni harganya yang relatif terjangkau lintas platform dan *open source* [11].

2.5 Sensor Getar 801S

Sensor getaran 801S adalah sensor getaran yang memiliki sensitivitas yang tinggi. Sensor getaran 801S memiliki 2 output, yakni output digital, dan analog. Ketika satu pin digital mendeteksi beberapa getaran hingga ambang batas tertentu, signal pin dapat menghasilkan level tinggi atau rendah [12].

2.6 Router TL-MR3020

Router TL-MR3020 adalah perangkat network yang digunakan untuk menghubungkan beberapa network dengan kecepatan mencapai 150 Mbps dengan koneksi 3G/4G. Dengan menghubungkan kartu USB 3G / 4G ke router, hotspot Wi-Fi langsung dibuat memungkinkan untuk pengguna berbagi koneksi internet di mana saja cakupan 3G / 4G tersedia [13].

2.7 Modul Wifi ESP8266

Modul Wifi ESP8266 adalah jaringan Wi-Fi mandiri yang dapat menulis langsung perangkat lunak ke modul, atau melalui prosesor lain. ESP8266 merupakan sistem berkemampuan Wi-Fi pada chip (SoC) yang dikembangkan oleh sistem Espressif. Modul Wi-Fi ini sebagian besar digunakan untuk pengembangan aplikasi berbasis IoT pada Arduino [12].

2.8 Android Studio

Android Studio merupakan software yang menyediakan alat untuk pengujian, dan mempublikasikan tahap proses development, serta lingkungan development terpadu untuk membuat aplikasi bagi semua perangkat Android. Lingkungan development menyertakan kode template dengan kode contoh untuk fitur aplikasi umum, alat pengujian dan kerangka kerja yang banyak, dan sistem pembangunan yang fleksibel[14].

2.9 Bahasa Pemrograman C/C++

Bahasa pemrograman C adalah sebuah bahasa pemrograman komputer yang bisa digunakan untuk membuat berbagai aplikasi (*general-purpose programming language*), mulai dari sistem operasi (seperti Windows atau Linux), antivirus, *Software* pengolah gambar (*image processing*), hingga *compiler* untuk bahasa pemrograman, dimana C banyak digunakan untuk membuat bahasa pemrograman lain yang salah satunya adalah PHP. Bahasa pemrograman Arduino adalah bahasa C. Seiring perkembangan bahasa tingkat tinggi, penawaran baru dibangun berdasarkan aspek-aspek pendahulunya. C++ berevolusi dari C, yang pada gilirannya berevolusi dari dua bahasa sebelumnya, BCPL dan B [15].

2.10 Bahasa Pemograman MySQL

Bahasa Pemograman MySQL adalah sebuah perangkat lunak sistem manajemen basis data SQL atau DBMS yang multialur, multipengguna, dan digunakan secara luas di seluruh dunia. Berikut merupakan beberapa kelebihan dari Bahasa Pemograman MySQL, yaitu biayanya yang efektif, cepat dan *powerful*, dan Bahasa ini masih terus berkembang secara kontinu [16].

2.11 Bahasa Pemograman HTML

HTML merupakan singkatan dari *Hyper Text Markup Language* yakni simbol-simbol atau tag-tag yang dituliskan dalam sebuah file. Fungsi dari bahasa HTML sendiri adalah untuk menampilkan halaman pada web browser. *User* dapat mengatur tampilan sebuah web browser dengan bahasa HTML [17].

2.12 Bahasa Pemograman PHP

Bahasa Pemograman PHP yang merupakan singkatan dari *Hypertext Preprocessor*, yaitu bahasa pemrograman yang digunakan dalam penanganan pembuatan dan pengembangan sebuah situs web yang dapat juga digunakan sebagai bahasa pemrograman umum. PHP di kembangkan pada tahun 1995 oleh Rasmus Lerdorf, dan sekarang dikelola oleh The PHP Group. Salah satu kelebihan dari Bahasa pemograman PHP adalah memiliki kecepatan yang baik, mudah dipelajari, dan tidak berbayar [16].

2.13 Bahasa Pemograman CSS

CSS merupakan singkatan dari *Cascading Style Sheets*. CSS berfungsi sebagai pengatur bagaimana halaman web akan dipercantik desainnya. CSS berisi fitur-fitur yang dapat digunakan untuk menaikan fungsi dari desain halaman web. CSS merupakan bahasa pendukung HTML [18].

2.14 Failure Modes and Effect Analysis (FMEA)

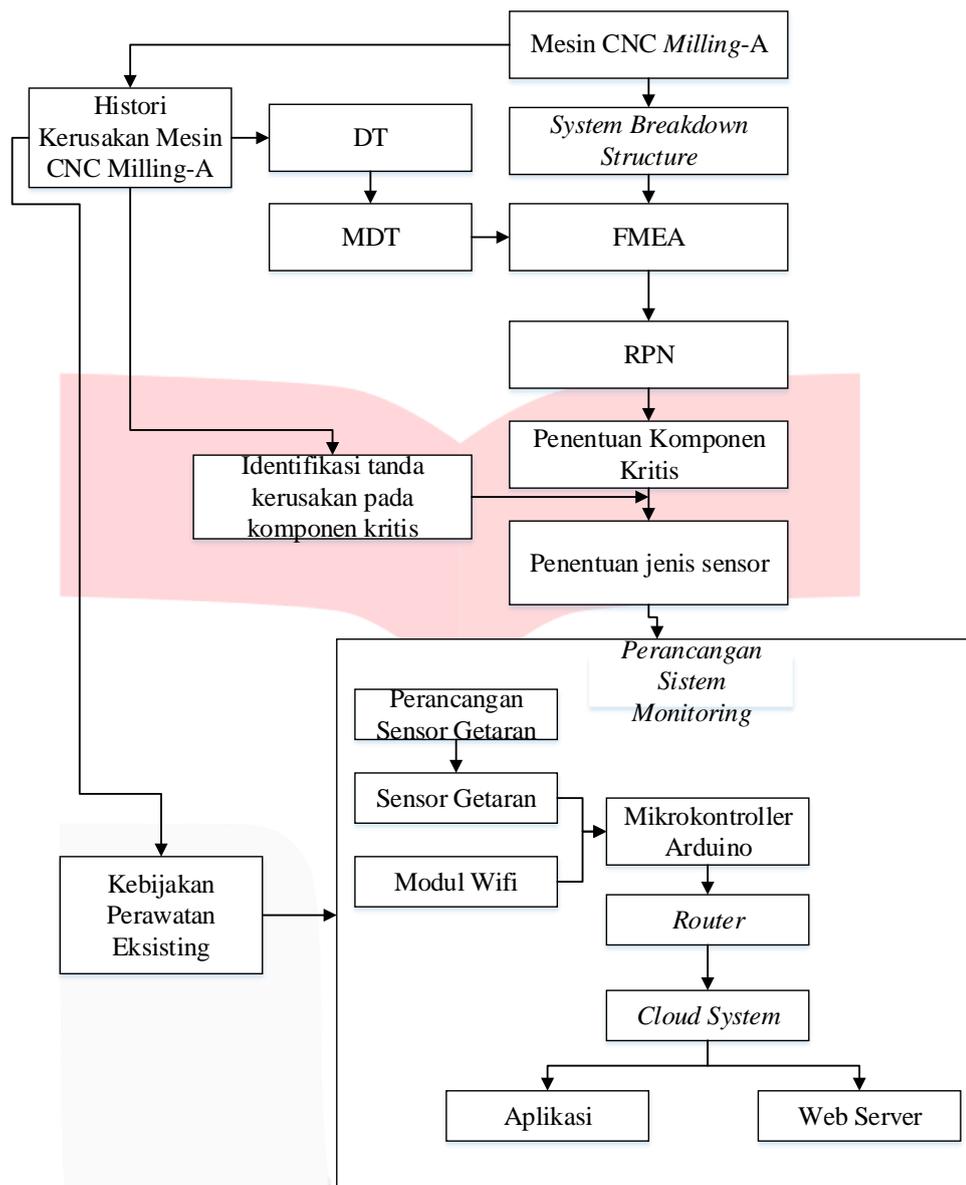
Failure modes and effect analysis (FMEA) adalah teknik dapat digunakan untuk mengidentifikasi dan menghilangkan mode kegagalan yang diketahui atau potensial untuk meningkatkan keandalan dan keamanan sistem yang kompleks. Hal ini juga dimaksudkan untuk memberikan informasi untuk membuat keputusan manajemen risiko. FMEA konvensional menentukan prioritas risiko mode kegagalan menggunakan apa yang disebut angka prioritas risiko (RPN), yaitu yang didefinisikan sebagai probabilitas occurrence (O), severity (S) dan detection (D), oleh $RPN = O \times S \times D$. Metode ini merupakan salah satu metode analisis risiko paling efektif yang telah banyak diadopsi di berbagai bidang untuk meningkatkan keamanan dan keandalan system [19].

2.15 Use Case

Use case merupakan diagram yang menjelaskan secara visual konteks dari interaksi antara aktor dengan sistem. Setiap use case menyatakan spesifikasi perilaku (fungsionalitas) dari sistem yang sedang dijelaskan yang memang dibutuhkan oleh aktor untuk memenuhi tujuannya. Namun demikian, penjelasan detail dari interaksi yang terjadi antara aktor dan sistem, berkaitan dengan sebuah use case tertentu, harus dijelaskan secara deskriptif dalam sebuah use case scenario. Oleh karena itu, use case scenario dan use case diagram, yang dibutuhkan dalam pemodelan use case dari sebuah sistem, harus mampu menjelaskan fungsionalitas sistem secara lengkap dan valid [20].

2.16 Model Konseptual

Model konseptual adalah sebuah rancangan yang memiliki urutan pengerjaan secara terstruktur. Dalam model konseptual yang dirancang, terdapat variabel-variabel penelitian yang digunakan oleh peneliti untuk merancang sebuah sensor getaran. Berikut merupakan model konseptual dari penelitian ini.



Gambar 2 Metodologi Penelitian

Langkah pertama yaitu dilakukan *system breakdown structure* pada mesin CNC Milling A untuk dapat menggambarkan lebih jelas mengenai bagian-bagian sistem, sub sistem, dan juga komponen yang terdapat pada mesin CNC Milling A. Penentuan sub sistem yang akan diteliti menggunakan *system breakdown structure* berdasarkan data jumlah kerusakan yang paling sering terjadi. Kemudian akan dicari komponen kritis yang kemudian akan diolah lebih lanjut dengan menggunakan FMEA. Selanjutnya komponen kritis terpilih akan dibuatkan sensor untuk mendeteksi kerusakan yang akan terjadi dengan cara memonitoring getaran yang terjadi secara *real-time* dan dapat diamati melalui web server ataupun aplikasi pada telepon genggam.

3. Pembahasan

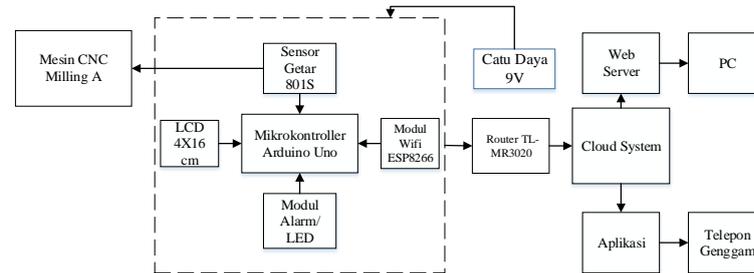
3.3 Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis dengan menggunakan FMEA bertujuan untuk menentukan komponen yang perlu diperhatikan sehingga komponen kritis ini menjadi fokus dalam penelitian ini. Setelah dilakukan perhitungan dengan FMEA, komponen kritis yang terpilih yaitu *bearing rel*, *bearing spindle*, dan selang.

3.2 Prinsip Kerja Sistem Monitoring Jarak Jauh

Perancangan alat ini ditujukan untuk mendeteksi getaran yang ada pada mesin CNC Milling A. Alat ini akan dipasang berdekatan dengan sumber getar agar dapat terdeteksi dengan akurat. Berikut merupakan

komponen-komponen yang ada dalam perancangan alat sensor.



- 1) 801S Vibration sensor, berfungsi sebagai pendeteksi perubahan getaran yang terjadi pada elemen getar pada mesin CNC *Milling A*. Alasan pemilihan sensor ini adalah karena sensitivitas nya yang tinggi.
- 2) Rangkaian mikrokontroler adalah Arduino Uno, berfungsi sebagai otak atau komponen utama yang mengatur seluruh proses di sistem alat monitoring jarak jauh.
- 3) Catu daya 9 Volt, berfungsi sebagai sumber *power* untuk rangkaian sistem alat monitoring jarak jauh. Alasan pemilihan 9V adalah karena kebutuhan mikrokontroler 5V sehingga pada saat tegangan turun tetap dapat ter-cover.
- 4) Modul wifi ESP8266, digunakan untuk mengkoneksikan alat dengan internet sehingga dapat terkoneksi dengan sistem *Cloud Storage* dan dapat dimonitoring secara jarak jauh.
- 5) Router TL-MR3020, berfungsi sebagai penguat sinyal yang dipancarkan oleh modul wifi ESP 8266. Sehingga data dapat terunggah dengan baik ke *cloud storage*.
- 6) LED berfungsi sebagai pemberi tanda atau sinyal mengenai kondisi suhu terupdate. Terdapat 5 buah LED yang memiliki lima warna berbeda, yakni putih, biru, hijau, kuning, dan merah. LED berwarna merah akan menyala apabila getaran pada mesin melewati ambang batas wajar, yakni 12500 Hz [21].
- 7) LCD 4x16 cm digunakan sebagai media untuk menampilkan data temperatur di lokasi subsistem kritis sehingga operator atau *manager* dan teknisi yang sedang berada pada sekitar lokasi dapat mengetahui kondisi getaran pada mesin.

3.3 Analisis Perancangan Hardware

Pada perancangan hardware, peneliti menggunakan Software Proteus 7 Professional. Pada perancangan ini hanya mencakup prinsip kerja dari *hardware* yang dirancang yaitu sensor getar tanpa adanya *database/cloud*. Pengendali utama agar sistem ini dapat beroperasi adalah mikrokontroler Arduino uno.

3.4 Perancangan Server System

Program Jembatan (*Bridge*) ini dirancang dengan fungsi menjembatani proses transfer data antara mikrokontroler dengan sistem *cloud storage*. Dalam merancang program jembatan terdiri dari beberapa tahap. Tahap pertama adalah ketika alat dinyalakan program jembatan akan terkoneksi dengan program mikrokontroler. Tahap selanjutnya adalah proses menerima data yang dikirim dari mikrokontroler berupa data getaran. Kemudian tahap selanjutnya adalah mengunggah data temperatur ke *cloud storage* dan menyimpan data pada *cloud storage*. Program jembatan ini akan berhenti beroperasi jika alat monitoring jarak jauh dalam keadaan OFF. Sedangkan untuk rancangan interface alat monitoring jarak jauh dibuat dengan dua jalur yaitu dengan cara *onsite* dan dengan cara online, dengan cara *onsite* yaitu operator dapat memantau kondisi temperatur mesin dengan cara melihat LCD dan LED yang terpasang pada alat. Kemudian untuk monitoring temperatur online yaitu dapat melalui web server dan aplikasi yang dikembangkan pada perangkat Android yang dapat diakses oleh manager produksi dan teknisi.

3.5 Mockup Perancangan Tampilan Mobile Application

Perancangan mobile application ini ditujukan untuk mempermudah manager produksi dan anggota engineering untuk memonitor keadaan mesin. Pada halaman utama pada perancangan aplikasi ini merupakan halaman login. Untuk masuk ke dalam aplikasi, user akan diminta untuk memasukan username dan password. Hal ini dilakukan agar data hanya dapat diakses oleh orang yang memiliki wewenang seperti manager produksi, teknisi. Setelah berhasil login, user akan memasuki halaman beranda yang dimana tersedia dua menu yakni view table getaran dan view grafik getaran. Perbedaan antara view table getaran dan view grafik getaran adalah penyajian data antara keduanya yakni dalam bentuk table dan grafik.

3.6 Mockup Perancangan Tampilan Web Server

Untuk mengakses halaman login *web server*, user dapat menggunakan seluruh *Software* browser hanya dengan memasukan URL dari *web server* monitoring jarak jauh. Apabila user telah memasukan alamat URL pada *software* browser maka akan muncul halaman login. Sama halnya dengan *mobile application*, untuk masuk ke dalam web, user akan diminta untuk memasukan username dan password. Hal ini dilakukan agar

data hanya dapat diakses oleh orang yang memiliki wewenang seperti manager produksi, teknisi. Setelah berhasil login, user akan memasuki halaman beranda yang dimana tersedia dua menu yakni view table getaran dan view grafik getaran. Perbedaan antara view table getaran dan view grafik getaran adalah penyajian data antara keduanya yakni dalam bentuk tabel dan grafik.

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan terhadap mesin CNC Milling-A pada PT Sandy Globalindo adalah sensor getaran dirancang untuk mendeteksi getaran pada mesin yang mana ketika getaran mencapai batas tertentu sensor yang diintegrasikan dengan cloud storage oleh Arduino Uno dan ESP8266 akan memberikan peringatan untuk user melalui aplikasi android dan web server. Perancangan monitoring mesin dengan sensor getaran untuk memprediksi kerusakan mesin CNC Milling A menggunakan sensor getaran 801S dirancang agar user dapat mengetahui kondisi getaran terkini pada mesin secara real time dengan online melalui aplikasi dan web server.

Daftar Pustaka

- [1] A. R. Eliyus, J. Alhilman, and Sutrisno, "Estimasi Biaya Maintenance yang Optimal dengan Metode Markov Chain dan Penentuan Umur Mesin serta Jumlah Maintenance Crew yang Optimal dengan metode Life Cycle Cost (Studi Kasus: PT TOA GALVA)," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, 2014.
- [2] D. S. Dhamayanti, J. Alhilman, and N. Athari, "Usulan Preventive Maintenance Pada Mesin Komori Ls440 (Rcm Ii) Dan Risk Based Maintenance (Rbm) Di Pt Abc," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. April, pp. 31–37, 2016.
- [3] J. Alhilman, F. T. D. Atmaji, and N. Athari, "Software Application for Maintenance System," *2017 Fifth Int. Conf. Inf. Commun. Technol.*, vol. 0, no. RCM II, 2017.
- [4] F. T. D. Atmaji, "Optimasi Jadwal Perawatan Pencegahan Pada Mesin Tenun Unit Satu Di PT Ksm, Yogyakarta," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, no. April, pp. 7–11, 2015.
- [5] J. Lee, J. Ni, D. Djurdjanovic, H. Qiu, and H. Liao, "Intelligent Prognostics Tools and E-maintenance," *Comput. Ind.*, vol. 57, no. 6, pp. 476–489, 2006.
- [6] F. T. D. Atmaji and J. Alhilman, "A framework of Wireless Maintenance System Monitoring: A Case Study of An Automatic Filling Machine at SB Company," *2018 6th Int. Conf. Inf. Commun. Technol. ICoICT 2018*, vol. 0, no. c, pp. 227–232, 2018.
- [7] P. T. M. Ly, W. H. Lai, C. W. Hsu, and F. Y. Shih, "Fuzzy AHP Analysis of Internet of Things (IoT) in Enterprises," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 136, no. July, pp. 1–13, 2018.
- [8] Y. Saleem, N. Crespi, M. H. Rehmani, and R. Copeland, "Internet of Things-aided Smart Grid: Technologies, Architectures, Applications, Prototypes, and Future Research Directions," *IEEE Access*, pp. 1–1, 2019.
- [9] L. S. Dalenogare, G. B. Benitez, N. F. Ayala, and A. G. Frank, "The Expected Contribution of Industry 4.0 Technologies for Industrial Performance," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 204, no. August, pp. 383–394, 2018.
- [10] F. T. D. Atmaji, "Toward to Industrial Revolution 4.0: An Indonesian Strategy, Challenges, and Proposed Solutions," vol. 3, pp. 66–67, 2018.
- [11] B. B. Kendall, *Arduino a Beginner's Guide*. 2013.
- [12] S. Biansoongnern, B. Plungkang, and S. Susuk, "Development of Low Cost Vibration Sensor Network for Early Warning System of Landslides," *Energy Procedia*, vol. 89, pp. 417–420, 2016.
- [13] Tp-link, *TL-MR3020 Portable 3G / 4G Wireless N Router*. 2012.
- [14] G. D. T. Team, *Android Developer Fundamentals Course*. 2016.
- [15] H. M. Dietel, *C# How to Program*. 2001.
- [16] B. Bulger, J. Greenspan, and D. Wall, "MySQL/PHP Database Applications," 2004.
- [17] R. Astamal, "Mastering Kode," *Mastering Kode HTML*, p. 77, 2006.
- [18] R. Mansfield, *CSS Web Design for Dummies*. 2005.
- [19] W. Wang, X. Liu, Y. Qin, and Y. Fu, "A Risk Evaluation and Prioritization Method for FMEA with Prospect Theory and Choquet Integral," *Saf. Sci.*, vol. 110, no. December 2017, pp. 152–163, 2018.
- [20] T. A. Kurniawan, "Pemodelan Use Case (UML): Evaluasi Terhadap beberapa Kesalahan dalam Praktik," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 1, p. 77, 2018.
- [21] E. García Plaza, P. J. Núñez López, and E. M. Beamud González, "Efficiency of Vibration Signal Feature Extraction for Surface Finish Monitoring in CNC Machining," *J. Manuf. Process.*, vol. 44, no. May, pp. 145–157, 2019.