

Penerapan Metode *Mean Time Between Failure* dan *Mean Time to Repair* dalam Pemeliharaan Prediktif Mesin Compressor Kobelco Dengan Integrasi Sistem Monitoring Berbasis *Internet of Things* (IoT) di PT Suzuki Indomobil Motor

Wisnu Dwi Wibowo¹⁾; Yayan Heru Haerudin²⁾; Osep Hijuzaman³⁾

^{1,2,3)}*Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, STT Wastukencana Purwakarta, Indonesia*

Email: ¹⁾wisnuwbw2@gmail.com ; ²⁾ yayan.haerudin@wastukencana.ac.id ; ³⁾ osep@wastukencana.ac.id

ARTICLE HISTORY

Received [25 Juli 2025]

Revised [15 Januari 2026]

Accepted [23 Januari 2026]

KEYWORDS

MTBF, MTTR, Predictive Maintenance, IoT, Kobelco Compressor, Monitoring System.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Pemeliharaan prediktif menjadi strategi penting dalam menjaga kinerja mesin industri agar tetap optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) sebagai alat analisis dalam sistem pemeliharaan prediktif mesin Compressor Kobelco di PT Suzuki Indomobil Motor. Dengan mengintegrasikan sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT), data operasional mesin dapat dikumpulkan dan dianalisis secara real-time untuk mendeteksi potensi kerusakan sebelum terjadi kegagalan fungsi. Metode ini membantu dalam menentukan interval waktu perawatan yang lebih akurat dan efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan MTBF dan MTTR yang terintegrasi dengan sistem IoT mampu meningkatkan efektivitas pemeliharaan, menurunkan waktu henti mesin (downtime), serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Implementasi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan keandalan sistem produksi secara keseluruhan.

ABSTRACT

Predictive maintenance is an important strategy in maintaining optimal industrial machine performance. This study aims to apply the Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR) methods as analysis tools in the predictive maintenance system of the Kobelco Compressor machine at PT Suzuki Indomobil Motor. By integrating an Internet of Things (IoT)-based monitoring system, machine operational data can be collected and analyzed in real-time to detect potential damage before a functional failure occurs. This method helps in determining more accurate and efficient maintenance time intervals. The results of the study show that the use of MTBF and MTTR integrated with the IoT system can increase maintenance effectiveness, reduce machine downtime, and support data-based decision making. This implementation is expected to increase operational efficiency and reliability of the overall production system.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri manufaktur, keberlangsungan proses produksi sangat bergantung pada performa dan keandalan mesin-mesin produksi. Salah satu komponen vital dalam mendukung proses produksi adalah mesin kompresor, yang berfungsi untuk menyuplai udara tekan bagi berbagai peralatan pneumatik. PT Suzuki Indomobil Motor sebagai perusahaan otomotif berskala besar sangat bergantung pada kinerja mesin Compressor Kobelco dalam proses produksi kendaraan bermotor.

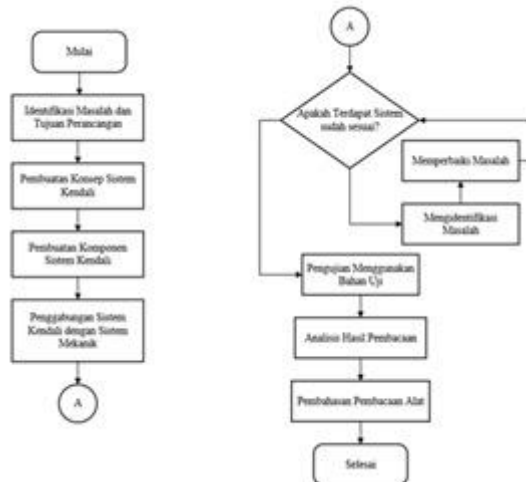
Masalah yang kerap dihadapi dalam operasional mesin adalah kerusakan mendadak (breakdown) yang menyebabkan downtime produksi, kerugian biaya, serta penurunan produktivitas. Oleh karena itu, diperlukan sistem pemeliharaan yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga prediktif agar potensi kerusakan dapat diidentifikasi dan dicegah sebelum terjadi (Pratama, 2023). Metode *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) merupakan pendekatan kuantitatif yang dapat digunakan untuk menganalisis frekuensi dan durasi kerusakan mesin, sehingga membantu dalam perencanaan pemeliharaan yang lebih tepat. Namun, keakuratan data dalam penerapan metode ini sangat dipengaruhi oleh ketersediaan dan kualitas data operasional mesin.

Seiring perkembangan teknologi, sistem *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi untuk mengintegrasikan sensor dan perangkat monitoring ke dalam mesin produksi. Dengan sistem monitoring berbasis IoT, data kondisi mesin seperti tekanan, suhu, dan waktu operasi dapat dikumpulkan secara real-time dan dianalisis secara otomatis. Hal ini memungkinkan tim pemeliharaan untuk mengambil keputusan berbasis data secara cepat dan tepat. Dengan menggabungkan metode MTBF dan MTTR serta sistem monitoring berbasis IoT, pemeliharaan prediktif pada mesin Compressor Kobelco dapat ditingkatkan secara signifikan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas penerapan metode tersebut di PT Suzuki Indomobil Motor guna meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi risiko downtime produksi.

METODE PENELITIAN

Alur Penelitian

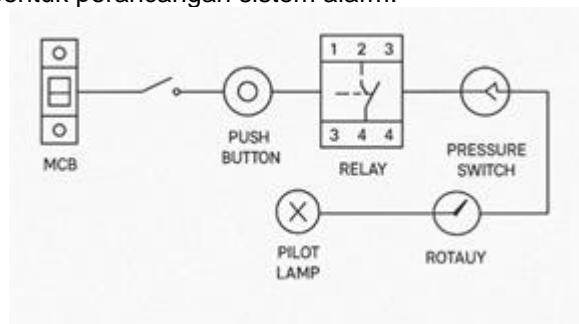
Berikut alur penelitian yang dijalankan selama penelitian:



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Pembuatan Rangkaian

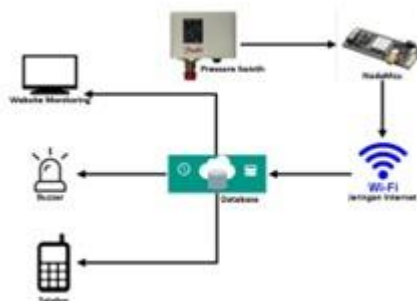
Melalui pembuatan konsep yang telah dilakukan didapatkan, kemudian komponen-komponen tersebut dirangkai agar terbentuk perancangan sistem alarm.



Gambar 2. Rangkaian Instalasi Listrik

Gambaran Sistem

Sistem deteksi *pressure low* berbasis *internet of things* dengan perangkat *pressure switch* dibuat dengan tujuan untuk mengurangi terjadinya *pressure low* dan meminimalisir *deffect* pada produk. Karena efek dari *pressure low* sangatlah banyak dan merugikan bagi perusahaan. Sistem tersebut akan mendeteksi *pressure low* dan mengirimkan alarm *buzzer* akan menyala serta mengirimkan notifikasi dengan cara menelfon nomor yang sudah tersimpan pada program.



Gambar 3. Gambaran Umum Sistem

Alarm yang terdapat pada sistem tersebut dapat dilihat melalui website secara real-time dengan bantuan NodeMcu yang menghubungkan pressure switch ke jaringan internet serta database. Sehingga

pemilik sistem ini nantinya dapat mengambil keputusan dengan cepat jika terdeteksi gejala *pressure low* melalui website secara real-time sehingga bisa memperkirakan seberapa parah *pressure low* tersebut.

Analisis Kebutuhan

1. Kebutuhan *input*
 - a. Data *pressure low*.
2. Kebutuhan *output*
 - b. Informasi *pressure low*.
3. Kebutuhan *Hardware*
 - c. Kebutuhan *hardware* atau perangkat keras dari sistem deteksi kebakaran berbasis *internet of things* antara lain sebagai berikut:
 - 1) MCB 5A
 - 2) Node Mcu
 - 3) *Pressure Switch*
 - 4) Module gsm sim800l v2
 - 5) Rotary
 - 6) Kabel NYM serabut 1x1
 - 7) *Swicth*
 - 8) *Push button*
 - 9) *Pilot lamp*
 - 10) *Relay omron*
 - 11) *Fitting udara*
 - 12) Kabel NYM 3x2.5
4. Kebutuhan *Software*

Kebutuhan *software* atau perangkat lunak pada sistem deteksi kebakaran berbasis *internet of things* dengan perangkat Arduino antara lain seperti Database, Sublime dan Xampp

Mengukur Keandalan Peralatan

Metoda untuk mengukur keandalan peralatan adalah dengan menghitung rumus *avaibilitas*, mesin atau peralatan yaitu dengan rumus:

$$Avabilitas = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

Ukuran *reability* adalah MTBF (*Mean Time Between Failure*)

$$MTBF = \frac{Waktu\ Operasi}{Jumlah\ kerusakan}$$

Ukuran *maintability* adalah MTTR (*Mean Time To Repair*)

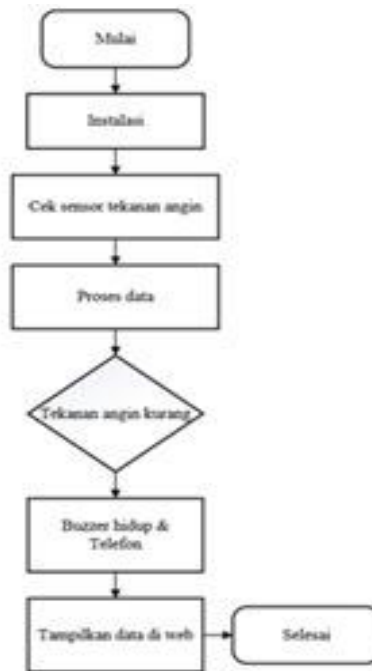
$$MTTR = \frac{Waktu\ Reparasi}{Jumlah\ kerusakan}$$

Perancangan Sistem

Alat yang terdapat pada sistem deteksi tekanan berbasis *Internet Of Things* dengan perangkat *Pressure switch* akan melakukan pembacaan yang diletakkan pada *output pressure tank compressor kobelco*, kemudian nilai dari pembacaan sensor tersebut akan ditampilkan melalui sebuah website sederhana yang dapat diakses melalui browser. Oleh karena itu perancangan ini berbasis *Internet Of Things* dikarenakan nilai dari hasil pembacaan sensor dapat melakukan pertukaran data dan bisa diakses melalui *website* secara *real-time*.

Perancangan Alur Kerja Sistem

Gambar 4 menjelaskan tentang *flowchart* sistem yang mana nilai dari sensor tekanan akan dibaca oleh *pressure switch* dalam bentuk sinyal analog serta jika terdeteksi adanya *pressure low* maka akan membunyikan buzzer/alarm dan akan melakukan panggilan telepon ke nomor yang terdaftar pada sistem. Jika terdeteksi tekanan dibawah dari 8 bar maka *buzzer/alarm* akan berbunyi dan melakukan *panggilan* ke nomor yang terdaftar pada sistem, selanjutnya data tersebut dikirimkan ke NodeMcu dan akan dikirimkan ke server untuk ditampilkan dalam sebuah *website* yang berguna untuk menampilkan semua data yang ada dalam database secara *real-time*.



Gambar 4. Gambaran Flowchart Sistem

Perancangan Pengujian Sistem

Untuk melihat hasil pembacaan dilakukan pada halaman *website* yang telah dibuat, karena dengan melihat visualisasi pembacaan akan lebih mudah dipahami. Dengan begitu pembacaan ini akan menjadi patokan untuk menentukan bahwa *pressure* dalam keadaan standar atau tidak. Tabel 1 menggambarkan parameter pengujian untuk sensor, berikut adalah rencana pengujian sistem yang akan dilakukan:

1. *Input pressure switch* akan diletakkan di halaman yang sudah disiapkan simulasi pada jarak berbeda dan arah yang berbeda pula.
2. *Memastikan buzzer/alarm* bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

Tabel 1. Parameter Pengujian

No	Sensor	Pengujian	Hasil yang diharapkan	Keterangan
1	Tekanan Angin	Menurunkan tekanan angin manual	Indikator sensor menyala merah dan status pada website menjadi " <i>Pressure low</i> " serta buzzer dan notifikasi telepon aktif	Berhasil

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis

Prinsip *Maintenance Management System (MMS)* yang menjadi acuan dalam pelaksanaan program perawatan adalah :

1. Fungsi dan tujuan perawatan
Untuk memastikan target produksi tercapai secara ekonomi dan tepat waktu.
2. Konsep dan tugas program perawatan
Konsep dalam pelaksanaan *MMS* terdiri dalam strategi produksi di dalam menyelesaikan target produksi.
3. Peningkatan faktor dari program perawatan
Dalam pelaksanaan program perawatan ditentukan target peningkatan dari faktor-faktor terkait dalam proses produksi seperti peningkatan produktivitas, peningkatan keselamatan operator produksi.
4. Organisasi perawatan
Dalam penerapan *Maintenance Management System* segala unsur terorganisir untuk mencapai tujuan penerapan program perawatan secara optimal

Tabel 2. Data Kerusakan Mesin Compressor (September-November)

No	Tanggal	Mesin	Jenis Kerusakan	Tindakan Yang Dilakukan	Pelaksanaan	Waktu
1	4/09/24	Compressor IHI no.1	Oil tank press luber	Cleaning filter oil	Andre/ Eka	1 jam
2	19/09/24	Compressor IHI no.2	Vacum gauge oil tank dibawah standar	Setting adjust valve dan cleaning filter	Dama/ Farid	2 jam
3	16/10/24	Compressor IHI no.1	Vacum gauge oil tank dibawah standar	Setting adjust valve dan cleaning filter	Nata/ Anas	2 jam
4	31/10/24	Compressor IHI no.3	Vacum gauge oil tank dibawah standar	Setting adjust valve dan cleaning filter	Andre/ Aat	2 jam
5	19/11/24	Compressor IHI no.2	Oil tank press luber	Cleaning filter oil	Wisnu/ Wahyu	1 jam

Berdasarkan data tersebut, pihak manajemen pemeliharaan memerlukan adanya peningkatan dan perbaikan dari penerapan MMS. Dimulai dengan pengaturan tugas terhadap anggotanya serta membuat standarisasi *preventive maintenance* untuk optimalisasi dalam penerapan MMS. Dalam melakukan pengolahan data untuk melihat *performance maintenance management system* (MMS) dengan menggunakan metode untuk mengukur efisiensi perawatan adalah dengan menghitung MTBF, MTTR dan *availability* atau ketersediaan.

Perhitungan MTBF, MMT, dan Availability

Berikut perhitungan MTBF, MTTR dan *Avaibility*:

Waktu operasi selama 3 bulan: September = 20 hari

Oktober = 20 hari November = 20 hari

Mesin beroperasi 60 hari x 8 jam kerja = 480 jam

1. Compressor IHI No. 1

- $$\text{MTBF} = \frac{\text{Waktu Operasi}}{\text{Jumlah kerusakan}}$$

$$\text{MTBF} = \frac{480}{3}$$

$$= 160 \text{ jam}$$
- $$\text{MTTR} = \frac{\text{Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah kerusakan}}$$

$$\text{MTTR} = \frac{4}{3}$$

$$= 1,33 \text{ jam}$$
- $$\text{Availability} = \frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$$

$$= \frac{160}{160 + 1,33}$$

$$= 0,991$$

2. Compressor IHI No. 2

- MTBF = $\frac{\text{Waktu Operasi}}{\text{Jumlah kerusakan}}$

$$\text{MTBF} = \frac{480}{2}$$

$$= 240 \text{ jam}$$
- MTTR = $\frac{\text{Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah kerusakan}}$

$$\text{MTTR} = \frac{3}{2}$$

$$= 1,5 \text{ jam}$$
- Availability = $\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$

$$= \frac{240}{240 + 1,5}$$

$$= 0,993$$

3. Compressor IHI No. 2

- MTBF = $\frac{\text{Waktu Operasi}}{\text{Jumlah kerusakan}}$

$$\text{MTBF} = \frac{480}{1}$$

$$= 480 \text{ jam}$$
- MTTR = $\frac{\text{Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah kerusakan}}$

$$\text{MTTR} = \frac{2}{1}$$

$$= 2 \text{ jam}$$
- Availability = $\frac{\text{MTBF}}{\text{MTBF} + \text{MTTR}}$

$$= \frac{480}{480 + 2}$$







$$= 0,995$$




Berdasarkan perhitungan tersebut, maka didapatkan rekapitulasi seperti berikut:

Tabel 3. Rekapitulasi Data Perhitungan MTBF, MTTR, dan Availability

No	Mesin	MTBF	MTTR	Availability
1	Compressor IHI no.1	160	1,33	0,991
2	Compressor IHI no.2	240	1,5	0,993
3	Compressor IHI no.3	480	2	0,995

Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui bahwa kondisi mesin berada dalam keadaan baik. Hal ini ditunjukkan oleh tingkat *availability* yang melebihi 95% dari total waktu operasi. Konsep dasar dari *preventive maintenance* bertujuan untuk mempertahankan efisiensi peralatan (*equipment*) maupun suku cadang (*spare part*) hingga mencapai usia pakainya yang maksimal. *Preventive maintenance* juga dikenal sebagai *time-based maintenance* karena pelaksanaannya dilakukan berdasarkan interval waktu

<p><i>On breaker</i></p>	 <p>Gambar 7. Breaker On</p>
<p>Arus masuk ke komponen-komponen listrik.</p>	 <p>Gambar 8. Panel</p>
<p>Putar <i>switch</i> untuk mengoperasikan panel.</p>	 <p>Gambar 9. Switch Panel</p>
<p>Tekan <i>push button</i> untuk mereset panel alarm <i>pressure low</i>.</p>	 <p>Gambar 10. Push Button</p>
<p><i>Pilot lamp</i> menyala (panel alarm).</p>	 <p>Gambar 11. Pilot Lamp</p>
<p><i>Input pressure switch</i> panel akan di connect dengan <i>output pressure tank compressor</i> (Untuk mengetahui jika <i>pressure low</i>).</p>	 <p>Gambar 12. Input dan Output</p>

<p>Jika terjadi <i>pressure low</i> pada <i>tank compressor</i> dengan standar dibawah 8 bar maka otomatis rotary panel menyala untuk mengirim sinyal kepada operator maintenance.</p>	 <p style="text-align: center;">Gambar 13. Pressure Low</p>
<p>Perbaiki <i>pressure low</i> oleh operator</p>	 <p style="text-align: center;">Gambar 14. Perbaikan Compressor Kobelco</p>
<p>Reset alarm</p>	 <p style="text-align: center;">Gambar 15. Reset Alarm</p>

Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Perangkat lunak yang digunakan dalam pembuatan sistem *monitoring pressure low* berbasis *internet of things* (IoT) dengan perangkat NodeMcu dan *pressure swicth* adalah firebase sebagai database dan web server.

- a. Firebase dipilih menjadi database karena *software* tersebut dapat menampilkan data-data secara *real-time* dan gratis tanpa perlu mengeluarkan biaya untuk hosting. Data yang ada pada *firebase* tersimpan dan akan otomatis tersinkronkan secara langsung sesuai dengan keadaan offline dengan cara menyimpan data terlebih dahulu ke disk, setelah itu *firebase* akan otomatis terkoneksi kembali dan semua perubahan data yang akan tersinkronkan secara *real-time* dengan keadaan saat itu.

Pembahasan Sintak Program

Sintak sendiri merupakan kode program yang memerintahkan sistem sehingga sistem dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

- a. Sintak Program NodeMcu

Untuk pertama kali sebelum menuliskan program pada NodeMcu terlebih dahulu menginstall driver NodeMcu agar mikrometer NodeMcu dapat dikenal dan sintak program yang ditulis bisa masuk dalam mikrokontroler. Berikutnya mendeklarasikan alamat database dan juga autentifikasinya. Kemudian mendeklarasikan sumber internet yang digunakan pada NodeMcu serta menuliskan password dari sumber internet tersebut.

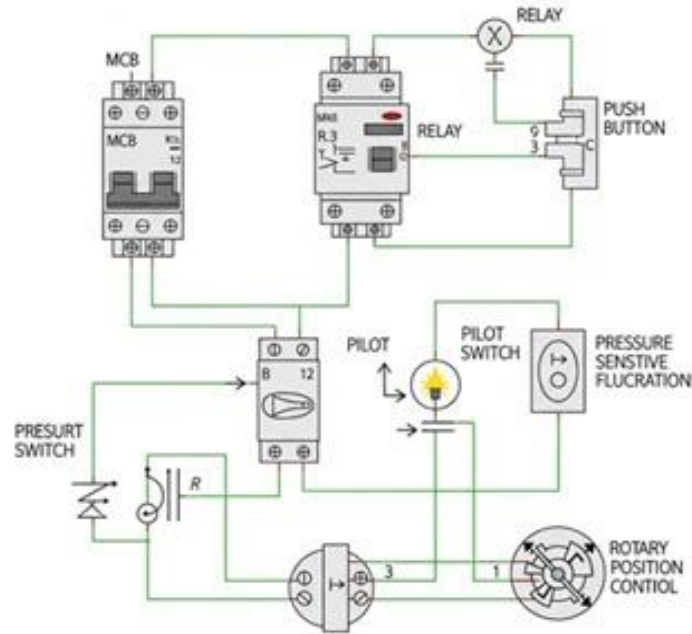
Pengujian Perangkat

Berikut langkah – langkah penggabungan perangkat keras dengan perangkat lunak:

- a. Perangkat keras (alarm) yang sudah terinstall di area compressor kobelco akan di pasang wifi.
- b. Wifi tersebut digunakan untuk mengkoneksikan antara perangkat keras dan perangkat lunak yang akan mengirimkan sinyal (abnormal) ke handphone operator maintenance.
- c. Operator maintenance datang ke area compressor kobelco untuk memperbaiki masalah *pressure low*.
- d. Operator mereset alarm tersebut dan jika terjadi *pressure low* kembali, notifikasi akan selalu sampai kepada operator selama jaringan wifi di area compressor kobelco ada.

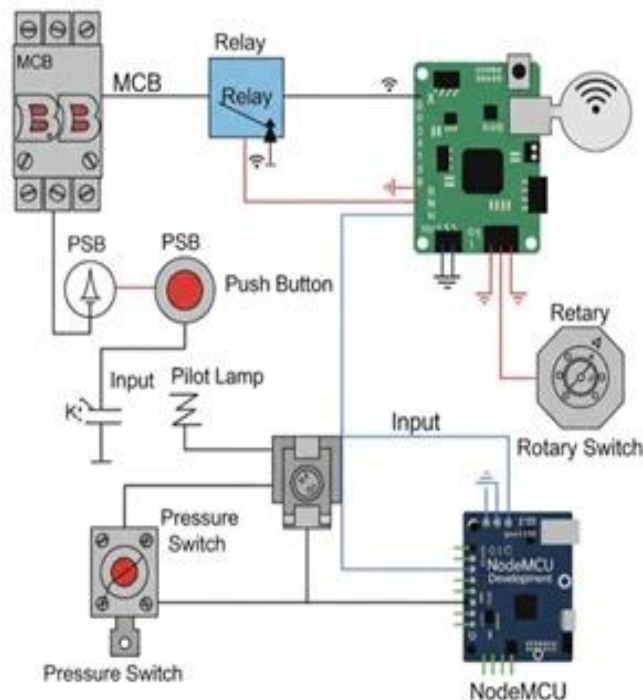
Model Perangkat

Sebelum teknologi *Internet of Things* (IoT) ada khususnya dengan modul seperti NodeMcu, instalasi listrik dirumah atau bangunan pada umumnya bersifat manual dan konvensional, yang artinya semua peralatan dan perangkat listrik dikendalikan secara langsung oleh manusia. Berikut gambar instalasi listrik untuk panel alarm *compressor* kobelco sebelum memakai perangkat NodeMcu.



Gambar 16. Instalasi Listrik Sebelum Menggunakan IoT

Dengan hadirnya *Internet of Things* (IoT) Node Mcu, instalasi listrik bertransformasi menjadi cerdas (*smart*). Node Mcu yang merupakan papan pengembangan berbasis chip ESP8266, memungkinkan perangkat listrik terhubung ke internet dan dikendalikan dari mana saja selama ada koneksi di area tersebut. Berikut gambar instalasi listrik untuk panel alarm *compressor* kobelco sesudah memakai perangkat NodeMcu.



Gambar 17. Instalasi Listrik Setelah Menggunakan IoT

Cara kerja perangkat tersebut:

- NodeMcu: diprogram untuk menerima perintah atau membaca data sensor, namun yang saya gunakan memakai perintah dari pressure switch.
- Sinyal ke Relay: berdasarkan perintah NodeMcu akan mengirimkan sinyal tegangan rendah (digital output) ke pin kontrol pada modul relay.
- Relay Bekerja: sinyal dari NodeMcu ini akan mengaktifkan kumparan yang kemudian akan menarik sakelar mekanis di dalam relay. Kemudian relay akan ON mengalirkan listrik ke lampu rotary untuk memberikan sinyal bahwa compressor kobelco alarm karena *pressure low*.
- Lampu Terkontrol: lampu menyala atau mati sesuai dengan intruksi yang diterima atau kondisi yang diprogram di NodeMcu.

Keunggulan Menggunakan NodeMcu untuk Kontrol Listrik:

- Kontrol jarak jauh, anda dapat mengontrol perangkat listrik dari mana saja di dunia asalkan ada koneksi listrik.
- Otomatisasi cerdas, memungkinkan perangkat untuk menyala/mati secara otomatis.
- Fleksibilitas pemrograman, NodeMcu sangat fleksibel dan dapat diprogram untuk berbagai skenario dan logika kontrol yang kompleks.
- Pemantauan real-time, anda bisa mendapatkan status perangkat secara real-time.



Gambar 18. Sebelum Ada Panel Sistem Monitoring Alarm



Gambar 19. Sebelum Ada Panel Sistem Monitoring Alarm



Gambar 20. Panel Sistem Monitoring Ala

KESIMPULAN

Penerapan metode Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat keandalan dan waktu perbaikan mesin Compressor Kobelco, yang menjadi dasar dalam merancang strategi pemeliharaan prediktif yang lebih efisien. Hasil perhitungan MTBF menunjukkan frekuensi rata-rata kerusakan mesin, sementara MTTR memberikan estimasi waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk perbaikan.

Keduanya sangat berguna dalam pengambilan keputusan terkait jadwal perawatan preventif. Integrasi sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan pengumpulan data mesin secara real-time, seperti tekanan, suhu, dan waktu operasi, sehingga mendukung proses analisis MTBF dan MTTR secara lebih akurat dan cepat. Penerapan metode ini secara keseluruhan mampu mengurangi potensi downtime mesin, meningkatkan efisiensi operasional, serta mendukung perencanaan perawatan yang lebih terstruktur dan berbasis data.

Dengan demikian, penelitian ini membuktikan bahwa penerapan preventive maintenance dan perancangan sistem monitoring pada mesin compressor Kobelco dapat meningkatkan keamanan, efisiensi, dan produktivitas operasional. Rekomendasi untuk pengembangan selanjutnya adalah penerapan integrasi dengan sistem IoT dan analisis data yang lebih mendalam guna meningkatkan kinerja dan ketahanan sistem secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahuja, I., & Khamba, J. (2008). Total Productive Maintenance. *International Journal of Quality*, 709–756.
- Ayu Syahfitri. (2025). Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. *Uranus: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains Dan Informatika*, 3(1), 113–120. <https://doi.org/10.61132/uranus.v3i1.667>
- Ayuningtyas, A. A. (2022). Penerapan Internet of Things (IoT) dalam Upaya Mewujudkan Perpustakaan Digital di Era Society 5.0. *Jurnal Ilmu Perpustakaan*, 11(11).
- Corder. (1992). *Teknik Manajemen Pemeliharaan*. PT Gelora Aksara Pratama.
- Denny Surindra, M., & Hamim Su, A. (2023). Investigation of Double Screw Compressor Characteristic based on Experimental in Industry. *Muhammad Showi Nailul Ulum*, 19(03).
- Dolphina. (2011). Penerapan Maintenance dan Reliability untuk Meningkatkan Kualitas dan Daya Saing Perusahaan. *Jurnal Dian*, 11(3).
- Fatih Muhana, M., Fuad Teknik Informatika, E., & Muhammadiyah Riau Jalan Tuanku Tambusai Kota Pekanbaru, U. (2024). Keamanan Dan Implementasi Iot Dalam Lingkungan Industri. In *Jurnal*

Mahasiswa Teknik Informatika (Vol. 8, Issue 4).

- Fatma, N., & Ponda, H. (2020). Analisis Preventive Maintenance Dengan Metode Menghitung Mean Time Between Failure (Mtbf) Dan Mean Time To Repair (Mttr) Studi Kasus Pt. Gajah Tunggal TBK. *Heuristic*, 87–94.
- Fitriawan, H., Despa, D., & Kustiani, I. (2020). *Potensi Internet of Things (IoT) dan Ragam Sensor untuk Layanan Kesehatan*. Universitas Lampung.
- Hafidhoh, N., & Atmaja, A. (2024). Machine Learning untuk Prediksi Kegagalan Mesin dalam Predictive Maintenance System. *Jurnal Masyarakat Informatika*, 15(1), 57–67.
- Handoko. (1984). *Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. BPFE Yogyakarta.
- Hermawan, R., & Abdurrohman, A. (2020). Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things Pada Alarm Sepeda Motor Menggunakan NodeMcu LoLIN V3 Dan Media Telegram. *Infotronik: Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, 5(2), 58. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2020.5.2.453>
- Ibrahim, A. M., & Solikhin, A. (2023). Sistem Kontrol Dan Monitoring Berbasis IoT Pada Lampu Dan Ac Di Laboratorium Komputer Politeknik Mitra Karya Mandiri. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi, Dan Komputer*, 13(2). <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/just-it/index>
- Indaryana, D. (2012). *Penentuan Waktu Baku Preventive Maintenance Reelstand Megtec Mesin Goss Magnum sebagai Dasar Evaluasi Penjadwalan di PT Gramedia*. Universitas Mercu Buana.
- Isyanto, H., Almanda, D., & Fahmiansyah, H. (2020). Perancangan IoT Deteksi Dini Kebakaran dengan Notifikasi Panggilan Telepon dan Share Location. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, 18(1), 105–120. <https://doi.org/10.25105/jetri.v18i1>
- Kusuma. (2016). *Effective Maintenance Management*. Universitas Mercu Buana.
- Lazi, R., Antony, F., & Setiawan, C. (2024). Implementasi Sistem Alarm Berbasis Internet Of Things (IoT) Terhadap Keamanan Lembaga Keuangan Non Bank. *Journal of Intelligent Networks and IoT Global*, 2(1), 39–49. <https://doi.org/10.36982/jinig.v2i1.4439>
- Maulana, S. A., & Natali, Y. (2024). Alarm Pintar Untuk Keselamatan Berkendara Berbasis IoT Menggunakan Nodemcu ESP8266. *E-Proceeding of Applied Science*, 10(3), 923.
- Palit, A. T., Karambut, C. A., & Longdong, W. M. J. (2024). Pengaruh Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta Standar Operasional Prosedur (SOP) Terhadap Kinerja Karyawan di PT. PLN (Persero) ULP Paniki. *Jurnal Ilmu Ekonomi, Manajemen Dan Akuntansi*, 13(1). <http://ekomaks.unmermadiun.ac.id/index.php/ekomaks>
- Prabowo, & Hariyono. (2020). Total Productive Maintenance (TPM) pada Perawatan Mesin Grinding Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE). *Journal Industrial Services*, 5(2), 207–213.
- Pratama, I. A. (2023). *Cara Kerja, Pemeliharaan, dan Perhitungan Kinerja Pemeliharaan pada Generator Set pada PT Panasonic Gobel Life Solutions Manufacturing*.
- Sandi, G. H., & Fatma, Y. (2023). Pemanfaatan Teknologi Internet Of Things (IoT) Pada Bidang Pertanian. In *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika (Vol. 7, Issue 1)*.
- Suarna, D., & Sopyan, E. (2023). Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Memonitoring Komsumsi Listrik. *Bulletin of Information Technology (BIT)*, 4(2), 163–170. <https://doi.org/10.47065/bit.v3i1>
- Susanto, F., Komang Prasiani, N., & Darmawan, P. (2022). Implementasi Internet Of Things Dalam Kehidupan Sehari-Hari. In *Jurnal IMAGINE (Vol. 2, Issue 1)*. Online. <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.php/imagine>
- Syawaluddin, & Yusuf, M. (2020). *Perencanaan Kompresor Piston Pada Tekanan Kerja Max 2 N/mm 2*.
- Utari Turyadi, I., Johan, F., & Widyanto, D. (2021). Analisa Dukungan Internet of Things (IoT) terhadap Peran Intelejen dalam Pengamanan Daerah Maritim Indonesia Wilayah Timur. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Informatika*, 7(1), 29–39. <http://http://jurnal.unmer.ac.id/index.php/jtmi>
- Wang, S., Chi, Z., Li, H., Wang, Q., Yan, W., & Jiang, B. (2024). Rapid identification and early warning of axial compressor stall based on multiscale CNN-SVM-FC model. *Aerospace Science and Technology*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2024.109604>
- Wilianto, & Kurniawan, A. (2018). *Sejarah, Cara Kerja, dan Manfaat Internet of Things*. 8.
- Wireman. (2004). *Total Productive Maintenance (2nd ed., Vol. 2)*. Industrial Press.

Zulkifli, Z., Muhallim, M., & Hasnahwati, H. (2024). Pengembangan Sistem Alarm Dan Pemadam Kebakaran Otomatis Menggunakan Internet Of Things. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(3). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i3.4774>