

Artikel Penelitian (Teknik Industri)

Analisis *Preventive Maintenance* Menggunakan Metode *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time to Repair* (MTTR) pada Mesin *Wire Rope Hoist Crane* di PT Wika Beton Tbk Plant Karawang

Bayu Adzikri Ramadhan *, Thomas Wu, Fahriza Nurul Azizah

Fakultas Teknik, Teknik Industri, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 02 Mei 2026
Revisi Akhir: 29 Juli 2026
Diterbitkan Online: 30 Juli 2026

KATA KUNCI

Downtime
MTBF
MTTR
Preventive Maintenance
Wire Rope Hoist Crane

KORESPONDENSI (*)

E-mail: bayuadzik7@gmail.com

A B S T R A K

Penelitian ini menganalisis kebijakan preventive maintenance pada mesin Wire Rope Hoist Crane di PT WIKA Beton Tbk Plant Karawang menggunakan indikator Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR). Data historis periode Januari 2024 sampai Januari 2025 menunjukkan total waktu operasi 3.320 jam, 10 kejadian kerusakan, dan total downtime 15 jam; downtime maksimum pada satu kejadian sebesar 2,5 jam. Perhitungan yang dikoreksi menghasilkan MTBF 332 jam dan MTTR 1,5 jam. Dengan pola operasi 10 jam per hari, MTBF tersebut ekuivalen dengan 33,2 hari operasi. Sebagai interval konservatif sebelum rata-rata kerusakan tercapai, preventive maintenance direkomendasikan setiap 320 jam operasi atau 32 hari operasi. Rekomendasi dilengkapi dengan pencatatan jam operasi, inspeksi komponen kritis, dan evaluasi MTBF-MTTR secara berkala. Hasil penelitian menjadi baseline deskriptif untuk memperbaiki pengendalian pemeliharaan dan perlu dievaluasi kembali setelah beberapa siklus penerapan.

PENDAHULUAN

Keandalan peralatan produksi merupakan prasyarat bagi kesinambungan proses manufaktur. Gangguan mesin dapat mengurangi ketersediaan fasilitas, menambah kehilangan waktu produksi, dan memengaruhi pencapaian target operasi. Oleh sebab itu, fungsi pemeliharaan perlu dinilai melalui indikator yang menghubungkan proses pemeliharaan dengan hasil operasional perusahaan [1].

Pemeliharaan yang efektif juga memiliki konsekuensi ekonomi karena penghentian tidak terencana meningkatkan biaya produksi dan mengurangi produktivitas. Kebijakan pemeliharaan perlu diposisikan sebagai fungsi pencipta nilai yang menjaga kapasitas, kualitas, keselamatan, dan profitabilitas perusahaan [2].

Preventive maintenance merupakan strategi perawatan berbasis interval waktu atau jam operasi sebelum kegagalan terjadi. Penentuan interval perlu menyesuaikan karakter operasi peralatan dan ketersediaan data, karena pendekatan berbasis waktu dan pendekatan berbasis kondisi memiliki kebutuhan informasi serta mekanisme keputusan yang berbeda [3].

PT WIKA Beton Tbk Plant Karawang menggunakan mesin Wire Rope Hoist Crane untuk mendukung perpindahan material pada proses produksi beton pracetak. Berdasarkan data Januari 2024-Januari 2025, mesin mengalami 10 kejadian kerusakan dengan total downtime 15 jam. Angka 2,5 jam yang sebelumnya disebut sebagai downtime tertinggi merupakan downtime maksimum pada satu kejadian kerusakan, bukan total downtime selama periode penelitian.

Penelitian pada mesin ekstruder menunjukkan bahwa MTBF dan MTTR dapat digunakan sebagai dasar evaluasi frekuensi kerusakan dan kecepatan perbaikan, tetapi interpretasinya harus mengikuti satuan waktu operasi aktual mesin agar interval yang diusulkan tidak keliru [6].

Penerapan MTBF dan MTTR pada mesin heater kernel juga menghasilkan dasar penjadwalan preventive maintenance dari riwayat breakdown dan durasi perbaikan. Studi tersebut menegaskan pentingnya konsistensi antara data waktu operasi, frekuensi kegagalan, dan waktu perbaikan [7].

Pada alat material handling, analisis MTBF, MTTR, dan availability digunakan untuk membedakan kebutuhan interval perawatan forklift dan reach truck berdasarkan karakter operasi masing-masing peralatan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa konversi MTBF ke hari kerja harus menggunakan jam operasi harian aktual [8].

Studi pemeliharaan mesin bending menggabungkan analisis keandalan dan FMEA untuk menentukan komponen dominan serta prioritas perbaikan. Pendekatan tersebut lebih luas daripada penelitian ini, sedangkan penelitian pada Wire Rope Hoist Crane difokuskan pada konsistensi perhitungan indikator waktu dan penyusunan interval berbasis jam operasi [9].

Penelitian pada mesin frais dan bubut menyusun interval perawatan untuk setiap komponen kritis dan mengevaluasi perubahan biaya. Berbeda dengan penelitian tersebut, data Wire Rope Hoist Crane yang tersedia masih berupa data agregat mesin, sehingga rekomendasi disusun sebagai baseline interval mesin dan belum menjadi interval penggantian setiap komponen [10].

Penelitian ini bertujuan menghitung kembali MTBF dan MTTR mesin Wire Rope Hoist Crane, mengklarifikasi profil downtime, serta menyusun rekomendasi preventive maintenance yang konsisten dengan pola operasi 10 jam per hari. Research gap penelitian terletak pada penerapan indikator MTBF-MTTR pada hoist crane di industri beton pracetak dengan koreksi eksplisit antara jam operasi dan hari operasi, serta penyederhanaan jadwal agar dapat diterapkan dan dievaluasi oleh perusahaan [11].

TINJAUAN PUSTAKA

Manajemen Pemeliharaan

Manajemen pemeliharaan mencakup keputusan strategis mengenai metode perawatan, organisasi pekerjaan, dukungan informasi, dan mekanisme pengendalian. Pemilihan strategi perlu diselaraskan dengan karakter aset dan sasaran operasi agar aktivitas pemeliharaan tidak hanya bersifat reaktif [14].

Kerangka pemeliharaan modern menghubungkan keputusan pada tingkat strategis, taktis, dan operasional. Dalam konteks penelitian ini, MTBF dan MTTR ditempatkan sebagai indikator operasional yang mendukung evaluasi kebijakan preventive maintenance [15].

Indikator pemeliharaan harus dipilih berdasarkan tujuan bisnis dan kebutuhan pengambilan keputusan. Penggunaan indikator yang terpisah dari sasaran produksi dapat menghasilkan evaluasi yang tidak relevan, sehingga MTBF dan MTTR perlu dibaca bersama profil operasi dan downtime mesin [13].

Preventive Maintenance

Preventive maintenance dilakukan sebelum kegagalan untuk mengurangi peluang kerusakan mendadak. Penentuan interval tidak cukup berdasarkan kebiasaan kalender, tetapi perlu menggunakan informasi kegagalan, biaya, dan risiko agar jadwal yang dipilih tidak terlalu jarang atau terlalu sering [12].

Perawatan berbasis kondisi menggunakan data inspeksi, diagnosis, dan prognosis untuk menentukan tindakan. Meskipun penelitian ini belum memakai sensor kondisi, pencatatan kerusakan yang konsisten merupakan tahap awal menuju keputusan pemeliharaan yang lebih berbasis data [4].

Model condition-based maintenance menekankan bahwa frekuensi inspeksi dan kriteria tindakan harus mengikuti proses deteriorasi peralatan. Oleh karena data penelitian terbatas pada riwayat operasi dan breakdown, interval yang dihasilkan diposisikan sebagai baseline preventive maintenance yang masih perlu divalidasi melalui monitoring [5].

Mean Time Between Failure dan Mean Time To Repair

Mean Time Between Failure menggambarkan rata-rata waktu operasi antarkegagalan pada sistem yang dapat diperbaiki, sedangkan Mean Time To Repair menggambarkan rata-rata durasi pemulihan setelah kegagalan. Kedua indikator digunakan bersama untuk memantau reliability dan maintainability peralatan [1].

MTBF dihitung dengan membagi total waktu operasi dengan jumlah kegagalan, sedangkan MTTR dihitung dengan membagi total waktu perbaikan atau downtime dengan jumlah kegagalan. Studi aplikasi pada mesin ekstruder menunjukkan bahwa kualitas kesimpulan bergantung pada akurasi data waktu operasi, failure frequency, dan repair time [6].

$$\text{MTBF} = \text{Total waktu operasi} / \text{Jumlah kegagalan}$$

$$\text{MTTR} = \text{Total waktu downtime} / \text{Jumlah kegagalan}$$

State of the Art dan Posisi Penelitian

Kajian terdahulu memperlihatkan tiga arah utama: penggunaan MTBF-MTTR untuk menetapkan baseline interval, penggabungan analisis keandalan dengan penilaian risiko komponen, dan optimasi biaya perawatan. Penelitian ini mengambil arah pertama karena data yang tersedia belum mencakup distribusi umur komponen dan biaya kegagalan.

Kontribusi penelitian adalah koreksi perhitungan dari 3.320 jam operasi dan 10 kegagalan, klarifikasi bahwa 2,5 jam merupakan downtime maksimum per kejadian, serta konversi interval ke hari operasi menggunakan 10 jam per hari. Dengan demikian, rekomendasi disusun dalam satuan jam operasi dan hari operasi, bukan hari kalender.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan pada mesin Wire Rope Hoist Crane di PT WIKA Beton Tbk Plant Karawang. Data yang dianalisis merupakan data historis Januari 2024-Januari 2025 yang terdiri atas hari operasi, jam operasi, tanggal kerusakan, durasi downtime, penyebab kerusakan, dan tindakan perbaikan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan dan dokumentasi pemeliharaan perusahaan.

Analisis dilakukan secara deskriptif melalui lima tahap: (1) memeriksa konsistensi jumlah hari dan jam operasi; (2) merekap jumlah kegagalan serta downtime; (3) menghitung MTBF; (4) menghitung MTTR; dan (5) mengonversi MTBF ke hari operasi berdasarkan jam operasi aktual mesin. Total waktu operasi sebesar 3.320 jam, jumlah kegagalan 10 kejadian, total downtime 15 jam, dan pola operasi 10 jam per hari.

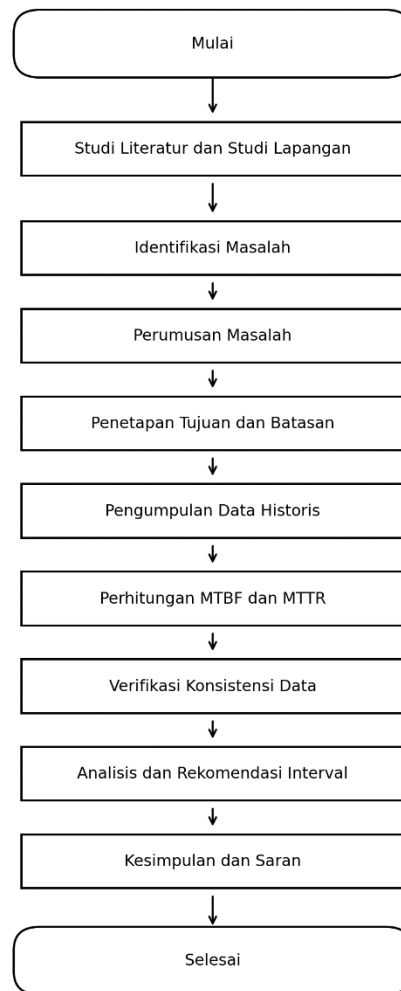
$$\text{MTBF} = 3.320 \text{ jam} / 10 \text{ kegagalan} = 332 \text{ jam}$$

$$\text{MTTR} = 15 \text{ jam} / 10 \text{ kegagalan} = 1,5 \text{ jam}$$

$$\text{Konversi hari operasi} = 332 \text{ jam} / 10 \text{ jam per hari} = 33,2 \text{ hari operasi}$$

Interval usulan ditetapkan secara konservatif sebesar 320 jam operasi atau 32 hari operasi, yaitu sedikit lebih pendek daripada MTBF 332 jam. Pendekatan ini dimaksudkan untuk memulai kegiatan preventive maintenance sebelum rata-rata kegagalan tercapai. Rekomendasi belum merupakan interval optimal probabilistik karena penelitian tidak melakukan fitting distribusi kegagalan atau optimasi biaya.

Tahapan penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart alur penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kebijakan Pemeliharaan Eksisting

Preventive maintenance eksisting dilaksanakan satu kali setiap bulan dengan alokasi waktu sekitar tiga jam. Kegiatan mencakup pemeriksaan komponen kritis, pembersihan, pelumasan, serta pengecekan fungsi mekanik dan elektrik. Ringkasan kebijakan eksisting disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Preventive Maintenance Eksisting

Aspek	Kondisi Eksisting	Satuan	Keterangan
Interval	1 kali per bulan	Kalender	Belum dikaitkan dengan jam operasi aktual
Durasi kegiatan	3	Jam/kegiatan	Dapat disesuaikan dengan kondisi mesin
Ruang lingkup	Inspeksi, pembersihan, pelumasan, dan pengecekan komponen	-	Berfokus pada komponen kritis hoist crane

Sumber: Data pemeliharaan PT WIKA Beton Tbk Plant Karawang (2025).

Data Operasional Mesin

Selama 13 bulan pengamatan, mesin beroperasi 327 hari dengan total 3.320 jam. Jam operasi bulanan berada pada rentang 240-270 jam. Data tersebut konsisten dengan asumsi 10 jam operasi per hari dan menjadi dasar perhitungan MTBF.

Tabel 2. Data Operasional Wire Rope Hoist Crane Januari 2024-Januari 2025

No.	Bulan	Tahun	Hari Operasi	Jam Operasi
1	Januari	2024	26	260
2	Februari	2024	25	250
3	Maret	2024	26	260
4	April	2024	25	250
5	Mei	2024	26	260
6	Juni	2024	25	250
7	Juli	2024	27	270
8	Agustus	2024	26	260
9	September	2024	25	250
10	Oktober	2024	27	270
11	November	2024	25	250
12	Desember	2024	24	240
13	Januari	2025	25	250
Total	-	-	327	3320

Sumber: Data operasional PT WIKA Beton Tbk Plant Karawang (2025).

Data Kerusakan dan Downtime

Terdapat 10 kejadian kerusakan dengan total downtime 15 jam. Downtime maksimum satu kejadian adalah 2,5 jam pada kerusakan motor overheat tanggal 12 Februari 2024. Dengan demikian, nilai 2,5 jam tidak boleh ditafsirkan sebagai total downtime periode penelitian.

Tabel 3. Data Kerusakan dan Perbaikan Wire Rope Hoist Crane

No.	Tanggal	Downtime (jam)	Penyebab	Tindakan
1	05-01-2024	1,0	Kabel baja terlepas	Pasang ulang dan cek tegangan kabel
2	12-02-2024	2,5	Motor overheat	Pendinginan dan penggantian oli motor
3	17-03-2024	1,5	Sistem rem gagal	Pemeriksaan rem dan penggantian brake pad
4	04-05-2024	1,0	Tali kabel putus	Penggantian tali kabel
5	14-06-2024	1,5	Kontrol elektrik bermasalah	Perbaikan koneksi dan reset sistem
6	03-07-2024	1,5	Kabel kontrol terputus	Penyambungan kabel dan uji fungsi
7	21-08-2024	1,5	Motor tidak berfungsi	Pemeriksaan dan penggantian komponen
8	10-09-2024	1,5	Relay kontrol rusak	Penggantian relay dan uji sistem
9	02-11-2024	1,5	Sistem penggerak macet	Perbaikan dan pelumasan ulang
10	15-12-2024	1,5	Kerusakan gearbox	Pengecekan, penggantian oli, dan perbaikan internal
Total	-	15,0	-	-

Sumber: Data kerusakan PT WIKA Beton Tbk Plant Karawang (2025).

Perhitungan MTBF dan MTTR

Berdasarkan total waktu operasi 3.320 jam dan 10 kejadian kerusakan, nilai MTBF yang benar adalah 332 jam. Nilai 320 jam pada naskah sebelumnya tidak sesuai dengan pembagian data tabel. MTTR diperoleh sebesar 1,5 jam dari total downtime 15 jam dibagi 10 kejadian.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Indikator Pemeliharaan

Parameter	Perhitungan	Hasil	Interpretasi
MTBF	3.320 jam / 10 kegagalan	332 jam	Rata-rata waktu operasi antarkegagalan
MTTR	15 jam / 10 kegagalan	1,5 jam	Rata-rata durasi perbaikan
Ekuivalen hari operasi	332 jam / 10 jam per hari	33,2 hari	Berdasarkan pola operasi aktual
Availability teoretis	$332 / (332 + 1,5) \times 100\%$	99,55%	Indikator tambahan berbasis rata-rata waktu

Sumber: Hasil pengolahan data (2026)

Nilai availability pada Tabel 4 merupakan nilai teoretis yang dihitung dari MTBF dan MTTR, bukan pengukuran kehilangan produksi secara menyeluruh. Nilai tersebut tidak digunakan untuk menyatakan mesin memenuhi standar tertentu karena penelitian tidak menetapkan benchmark industri atau target internal perusahaan.

Rekomendasi Interval Preventive Maintenance

Konversi MTBF harus menggunakan pola operasi 10 jam per hari, bukan 24 jam per hari. MTBF 332 jam setara dengan 33,2 hari operasi. Agar kegiatan perawatan dilakukan sebelum rata-rata kegagalan tercapai, interval diusulkan sebesar 320 jam operasi atau 32 hari operasi. Interval ini dapat bertepatan dengan sekitar satu bulan kalender apabila mesin beroperasi setiap hari kerja, tetapi pengendaliannya harus menggunakan hour meter atau catatan jam operasi.

Tabel 5. Rekomendasi Program Preventive Maintenance

Aspek	Kondisi Lama	Usulan Revisi	Pengendalian
Dasar interval	1 kali per bulan	Setiap 320 jam operasi / 32 hari operasi	Catat hour meter setiap awal dan akhir shift
Durasi kegiatan	3 jam	Dipertahankan sebagai alokasi awal	Sesuaikan dengan temuan inspeksi
Komponen prioritas	Pemeriksaan umum	Wire rope, rem, motor, relay/kontrol, gearbox	Gunakan checklist dan riwayat tindakan
Evaluasi	Belum terstruktur	Hitung MTBF dan MTTR setiap 3 bulan	Revisi interval bila pola kegagalan berubah

Sumber: Hasil analisis (2026).

Rekomendasi 32 hari operasi bersifat konservatif dan deskriptif. Setelah tiga sampai enam siklus penerapan, perusahaan perlu membandingkan frekuensi breakdown, total downtime, dan kondisi komponen dengan periode sebelum penerapan. Apabila data kegagalan per komponen telah tersedia, penelitian lanjutan dapat menggunakan distribusi Weibull, FMEA, atau optimasi biaya untuk menentukan interval yang lebih spesifik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Data Januari 2024-Januari 2025 menunjukkan total waktu operasi 3.320 jam, 10 kejadian kerusakan, dan total downtime 15 jam. Downtime 2,5 jam merupakan nilai maksimum pada satu kejadian, bukan total downtime periode penelitian. Perhitungan yang benar menghasilkan MTBF 332 jam dan MTTR 1,5 jam.

Dengan pola operasi 10 jam per hari, MTBF setara dengan 33,2 hari operasi. Interval preventive maintenance direkomendasikan setiap 320 jam operasi atau 32 hari operasi sebagai batas konservatif sebelum rata-rata kegagalan tercapai. Rekomendasi ini menggantikan interval 14 hari yang berasal dari asumsi keliru bahwa mesin beroperasi 24 jam per hari.

Hasil penelitian bersifat baseline deskriptif. Efektivitas interval usulan harus diuji melalui pencatatan hour meter, breakdown, downtime, dan kondisi komponen setelah penerapan.

Saran

Perusahaan disarankan menggunakan jam operasi sebagai pemicu jadwal preventive maintenance, menerapkan checklist inspeksi untuk wire rope, rem, motor, sistem kontrol, dan gearbox, serta menghitung ulang MTBF dan MTTR sedikitnya setiap tiga bulan. Data kegagalan sebaiknya dicatat per komponen agar interval perawatan berikutnya dapat ditentukan dengan analisis distribusi kegagalan dan pertimbangan biaya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Muchiri, L. Pintelon, L. Gelders, and H. Martin, "Development of maintenance function performance measurement framework and indicators," *International Journal of Production Economics*, vol. 131, no. 1, pp. 295–302, 2011, doi: 10.1016/j.ijpe.2010.04.039.
- [2] I. Alsyouf, "The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability," *International Journal of Production Economics*, vol. 105, no. 1, pp. 70–78, 2007, doi: 10.1016/j.ijpe.2004.06.057.
- [3] R. Ahmad and S. Kamaruddin, "An overview of time-based and condition-based maintenance in industrial application," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 63, no. 1, pp. 135–149, 2012, doi: 10.1016/j.cie.2012.02.002.
- [4] A. K. S. Jardine, D. Lin, and D. Banjevic, "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 20, no. 7, pp. 1483–1510, 2006, doi: 10.1016/j.ymsp.2005.09.012.
- [5] S. Alaswad and Y. Xiang, "A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 157, pp. 54–63, 2017, doi: 10.1016/j.res.2016.08.009.
- [6] N. F. Fatma, H. Ponda, and R. A. Kuswara, "Analisis preventive maintenance dengan metode menghitung Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR): Studi kasus PT Gajah Tunggal Tbk," *Heuristic*, vol. 17, no. 2, pp. 87–94, 2020, doi: 10.30996/heuristic.v17i2.4648.
- [7] W. Novarika, M. Arfah, and R. Agustian, "Analisis preventive maintenance pada mesin heater kernel dengan metode Mean Time Between Failure dan Mean Time To Repair," *Jurnal UNITEK*, vol. 16, no. 2, pp. 259–267, 2023, doi: 10.52072/unitek.v16i2.544.
- [8] W. Novarika, M. Arfah, and R. A. Khoir, "Analysis of preventive maintenance on forklifts and reach trucks by calculating Mean Time Between Failure and Mean Time To Repair at PT DSV Solutions Indonesia," in *Proceedings of the International Conference on Science and Technology UISU*, 2024, doi: 10.30743/x4ca2p37.
- [9] M. Syaripudin, B. Budiharjo, and D. A. Rostikawati, "Usulan perawatan mesin bending 90° dengan pendekatan preventive maintenance berdasar metode keandalan dan FMEA di PT Rinnai Indonesia-Cikupa," *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 2, no. 2, pp. 175–184, 2022.
- [10] W. W. Pradana and W. Widiastih, "Penjadwalan waktu preventive maintenance untuk meningkatkan kinerja mesin frais dan bubut di PT Isumi," *Journal of Industrial View*, vol. 5, no. 1, pp. 1–11, 2023, doi: 10.26905/jiv.v5i1.9317.
- [11] M. Riki and H. Murnawan, "Analisis penjadwalan preventive maintenance mesin kneader pada proses produksi rubber fender," *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 245–256, 2023, doi: 10.46306/tgc.v3i1.74.
- [12] R. Dekker, "Applications of maintenance optimization models: A review and analysis," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 51, no. 3, pp. 229–240, 1996, doi: 10.1016/0951-8320(95)00076-3.
- [13] A. Van Horenbeek and L. Pintelon, "Development of a maintenance performance measurement framework—using the analytic network process for maintenance performance indicator selection," *Omega*, vol. 42, no. 1, pp. 33–46, 2014, doi: 10.1016/j.omega.2013.02.006.
- [14] A. H. C. Tsang, "Strategic dimensions of maintenance management," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 7–39, 2002, doi: 10.1108/13552510210420577.
- [15] A. Crespo Marquez and J. N. D. Gupta, "Contemporary maintenance management: Process, framework and supporting pillars," *Omega*, vol. 34, no. 3, pp. 313–326, 2006, doi: 10.1016/j.omega.2004.11.003.