



# Implementasi SAP Plant Maintenance dalam Strategi Predictive Maintenance untuk Efisiensi Biaya dan Optimalisasi Kinerja Aset

Ibra Agus Prayoga\*, Raden Johnny Hadi Raharjo

Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Indonesia

Jalan Raya Rungkut Madya Gunung Anyar Surabaya 60294

Email: [ibraagusprayoga80@gmail.com](mailto:ibraagusprayoga80@gmail.com)\*, [raden.johnny.ma@upnjatim.ac.id](mailto:raden.johnny.ma@upnjatim.ac.id)

**Abstract.** *The implementation of predictive maintenance supported by SAP Plant Maintenance (SAP PM) at PT Xyz has proven to be effective in reducing machine downtime, lowering maintenance costs, and improving asset reliability. The integration of SAP PM with Industry 4.0 technologies such as IoT sensors, AI-based analytics, and real-time notification systems strengthens operational efficiency and ensures continuous performance. Empirical results show improvements in key performance indicators, including a 20-25% reduction in downtime, a 30% reduction in maintenance costs, an increase in asset availability to 97%, an MTBF extension of up to 511 hours, and an OEE rate of 92.1%. These findings highlight the strategic role of digital predictive maintenance in increasing competitiveness and supporting long-term sustainability in manufacturing operations.*

**Keywords:** Predictive Maintenance, SAP PM, Cost Efficiency, Downtime, OEE

**Abstrak.** Penerapan predictive maintenance yang didukung oleh SAP Plant Maintenance (SAP PM) di PT Xyz telah terbukti efektif dalam mengurangi downtime mesin, menurunkan biaya perawatan, dan meningkatkan keandalan aset. Integrasi SAP PM dengan teknologi Industri 4.0 seperti sensor IoT, analitik berbasis AI, dan sistem pemberitahuan real-time memperkuat efisiensi operasional dan memastikan kinerja yang berkelanjutan. Hasil empiris menunjukkan peningkatan dalam indikator kinerja utama, termasuk pengurangan waktu henti sebesar 20-25%, penghematan biaya pemeliharaan hingga 30%, peningkatan ketersediaan aset menjadi 97%, perpanjangan MTBF hingga 511 jam, dan tingkat OEE sebesar 92,1%. Temuan ini menyoroti peran strategis pemeliharaan prediktif digital dalam meningkatkan daya saing dan mendukung keberlanjutan jangka panjang dalam operasi manufaktur.

**Kata kunci:** Predictive Maintenance, SAP PM, Efisiensi Biaya, Downtime, OEE

## 1. LATAR BELAKANG

Lanskap manufaktur global saat ini ditandai adanya pergeseran paradigma operasional menuju industri 4.0 di mana konektivitas aset industri didorong untuk selalu optimal. Gangguan dalam proses industri memiliki konsekuensi dalam hal produktivitas dan mempengaruhi biaya sehingga berdampak pada pemborosan sumber daya dalam industri. Gangguan ini dipengaruhi secara langsung oleh berhentinya mesin secara tiba-tiba, sebagaimana hal tersebut menjadikan kondisi teknis pada peralatan memiliki dampak substansial terhadap hasil produksi, hal ini memusatkan perhatiannya pada aspek kritis dari tantangan industri kontemporer dalam gangguan mendadak pada sistem produksi yang mengakibatkan terhambatnya aktivitas operasional.

Received: December 18, 2025; Revised: December 23, 2025; Accepted: December 28, 2025;

Published: April 30, 2026

\*Corresponding author, e-mail address

Dalam industri manufaktur kegiatan produksi menempati posisi sentral sebagai kunci dari kegiatan utama. Keputusan terkait optimasi pengendalian biaya, dan manajemen pemeliharaan ini memengaruhi aktivitas industri. Kemampuan untuk memprediksi kebutuhan pemeliharaan aset pada kondisi tertentu merupakan salah satu tantangan utama dalam lingkup ini. Hal ini menekankan pentingnya memandang pemeliharaan secara terjadwal sebagai sarana investasi strategis yang berimplikasi langsung pada efisiensi kinerja aset produksi. Kapasitas produksi dipengaruhi oleh mesin yang optimal, sebuah studi dari (Di Nardo et al., 2024) menganjurkan eksplorasi strategi pemeliharaan yang baik dengan menekankan motivasi ekonomi di balik pengaturan waktu kegiatan pemeliharaan. Pada konteks ini, pemeliharaan prediktif telah menjadi pendekatan yang menjanjikan, selain terjadwal, prediktif mampu menyediakan solusi untuk sisa umur peralatan, prediktif di nilai sebagai sarana kompleksitas interaksi antara berbagai aktivitas mesin produksi dalam ekosistem manufaktur yang besar.

PT Xyz memproduksi bahan bangunan dengan kapasitas total 4,1 juta ton/tahun. Sebagai perusahaan yang beroperasi di industri produksi bahan bangunan, pada salah satu jenis aset produksi sangat bergantung pada operasional mesin yang berkelanjutan. Kegagalan pada salah satu aset tersebut dapat memicu dampak berantai yang merugikan seluruh proses produksi, seperti peningkatan biaya operasional, kerugian finansial hingga terhambatnya pemenuhan kebutuhan pasar. Sebuah studi menunjukkan bahwa *downtime* mesin yang tidak terduga dapat menggerus profitabilitas perusahaan (Rispoli, 2025).

*Downtime* mesin terbukti memiliki hubungan langsung dengan penurunan produktivitas dan peningkatan biaya operasional. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan pemeliharaan yang esensial melalui pendekatan *predictive maintenance*. Pendekatan ini memerlukan sistem berbasis ERP seperti SAP PM yang memungkinkan dapat membantu keunggulan kompetitif yang berkelanjutan. Hal ini sejalan dengan (Mehmeti et al., 2018) yang menyatakan bahwa kombinasi pemeliharaan berbasis kondisi dengan perangkat lunak seperti SAP PM yang memberikan informasi spesifik untuk mewujudkan rencana pemeliharaan yang lebih akurat. Akibatnya masa pakai peralatan operasi dapat dimaksimalkan, biaya perawatan berkurang, terhindar dari *downtime*, keandalan pabrik industri meningkat, perencanaan proses yang fleksibel, dan mampu berkontribusi pada keunggulan jangka panjang (Bousdekis et al., 2020). Dalam penelitian tersebut, *predictive maintenance* dijelaskan sebagai perubahan radikal dengan menetapkan prediksi kegagalan untuk menunjang operasi pemeliharaan. Sementara itu, menurut (Feng & Li, 2022) menjelaskan bahwa keberhasilan penerapan *predictive maintenance* dalam sistem produksi bergantung pada model keputusan yang optimal.

Meskipun penelitian ini tidak mengukur *downtime* secara aktual, analisis ini tetap relevan yang menjelaskan bagaimana SAP *Plant Maintenance* dalam mendukung pemeliharaan prediksi yang dapat berkontribusi terhadap pengendalian *downtime* dan efisiensi biaya.

Penerapan *predictive maintenance* (PdM) di industri ini didorong oleh kebutuhan agar selalu menjaga kontinuitas proses produksi yang bergantung pada keandalan aset kritis. Salah satu penelitian dari (Nunes et al., 2023) menyoroti pengembangan model prediksi, sensor, dan *machine learning* untuk PdM, namun kajian tersebut masih terbatas dalam membahas secara mendalam bagaimana implementasinya pada sistem ERP, khususnya SAP *Plant Maintenance*, yang dapat diintegrasikan secara teknis untuk mendukung proses PdM secara *real time*. Dengan itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi pemanfaatan SAP PM dalam upaya mendukung *predictive maintenance* (PdM) sehingga berpengaruh terhadap efektivitas perusahaan di PT Xyz. Fokus analisis ini mengidentifikasi sejauh mana sistem SAP PM yang digunakan untuk pengelolaan data pemeliharaan, laporan kerusakan, serta perencanaan aktivitas perawatan mesin agar tidak terjadinya *downtime* pada kinerja operasional aset, termasuk pengelolaan data kondisi aset dan penjadwalan kegiatan pemeliharaan berdasarkan data indikator performa *Mean Time Between Failures* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR).

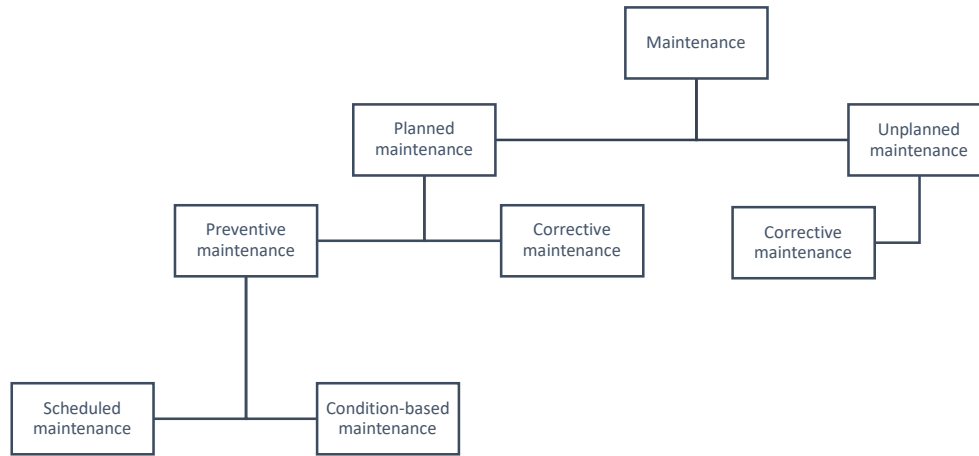
Penelitian ini menggunakan pendekatan *Mixed Methods* yang menggabungkan dua metode kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif dilakukan melalui studi dokumentasi dengan menganalisis materi dalam pembelajaran aktivitas kegiatan pemeliharaan dan observasi dokumen pemeliharaan yang ada di perusahaan, kemudian hasilnya dianalisis untuk memahami pola dan faktor-faktor yang memengaruhi pelaksanaan kegiatan pemeliharaan berbasis *predictive maintenance* (PdM). Sementara itu, pendekatan kuantitatif dilakukan dengan menganalisis data historis dari sistem SAP PM, yang meliputi log aktivitas perawatan, laporan *downtime* mesin, *maintenance notification*, dan *work order*.

## 2. KAJIAN TEORITIS

### 2.1 Manajemen Pemeliharaan

Pemeliharaan (*Maintenance*) didefinisikan sebagai serangkaian aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mengembalikan mesin, peralatan, atau sistem agar mesin dapat berfungsi sesuai dengan kondisi normalnya (Sistem Dan Manajemen Pemeliharaan, n.d.). Tujuan dari pemeliharaan untuk menjaga atau memperbaiki mesin pabrik hingga dapat kembali ke kondisi aslinya dalam waktu yang relatif singkat dan tidak mengganggu aktivitas operasional produksi. Adapun strategi pemeliharaan diklasifikasikan menjadi pemeliharaan tak

terencana (*unplanned*) dan pemeliharaan terencana (*planned*). Gambar 1 menunjukkan strategi pemeliharaan.



3. **Gambar 1.** Klasifikasi strategi pemeliharaan

Berdasarkan klasifikasi tersebut, Pemeliharaan tak terencana atau *Corrective Maintenance* (CM) strategi yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan. Sementara itu, pemeliharaan terencana berfokus untuk mencegah kerusakan sebelum terjadi. Pada penelitian ini, berfokus pada pemeliharaan terencana (*Predictive Maintenance*) karena kemampuannya dalam memprediksi kegagalan lebih akurat sehingga dapat mengurangi downtime yang tidak terencana [8,9]. Dalam konteks evolusi Industri 4.0, jenis pemeliharaan terbagi beberapa tahap, dari yang reaktif hingga berbasis prediksi cerdas, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 1.

4. **Tabel 1** Jenis Pemeliharaan

Tahap	Jenis Pemeliharaan	Ciri utama	Tingkat Teknologi
1.0	Pemeliharaan Reaktif	Perbaikan setelah terjadi kerusakan	Alat manual, alur kerja dasar
2.0	Pemeliharaan Preventif	Pemeriksaan dan perawatan dilakukan berdasarkan interval waktu / rutin	Pencatat waktu, dokumentasi, pemeriksaana berkala.
3.0	Pemeliharaan Prediktif	Monitor keadaan aktual peralatan untuk mendeteksi potensi kegagalan	Sensor getaran & suhu, analisis data historis
4.0	Pemeliharaan Prediktif 4.0	Pemanfaatan AI untuk meramalkan masalah secara real time + otomatisasi	IoT, AI, Cloud, Digital Twins.

## 2.2 Predictive Maintenance

*Predictive Maintenance* (PdM) merupakan strategi pemeliharaan yang berbasis data historis, model, dan pengetahuan domain. PdM dapat memprediksi tren, pola perilaku, dan korelasi melalui model statistik atau pembelajaran mesin untuk mengantisipasi kegagalan yang akan terjadi sebelumnya, guna meningkatkan proses pengambilan keputusan untuk aktivitas pemeliharaan, terutama menghindari waktu henti (Zonta et al., 2020). Sistem ini mendukung keputusan prediktif cerdas (*Intelegent Prediktif Deriston Sport System/IPDSS*) yang dikembangkan oleh (Yam et al., 2001) untuk membantu dalam perawatan berbasis kondisi dengan mendeteksi kerusakan secara lebih dini. Dengan sistem ini, tingkat kerusakan bisa teridentifikasi lebih awal. Misalnya, pompa yang mungkin mulai bergetar lebih dari keadaan biasanya, atau motor mungkin lebih panas dari normal (Kaur et al., 2025). Tanda-tanda ini dapat menandakan masalah yang akan terjadi. Jika terdeteksi dini, maka perbaikan dapat dijadwalkan sebelum terjadi kerusakan total. Namun, implementasinya harus kuat, sensor yang tepat, koneksi data dengan model yang baik, dan juga tenaga kerja yang terlatih. Maka dari itu, banyak industri yang menerapkan PdM sebagai bagian dari kunci dari rencana pabrik pintar mereka. Hal ini tidak hanya menghemat biaya tetapi juga mendukung operasi yang andal. Sebuah studi menyatakan dengan penerapan PdM, perusahaan dapat mengurangi total biaya perawatan sebesar 5% hingga 10%, meningkatkan waktu aktif peralatan sebesar 10% hingga 20%, dan mempersingkat waktu perencanaan perawatan sebesar 20% hingga 50% [13,14]. Pentingnya algoritma PdM dalam mengejar keunggulan manufaktur dibuktikan oleh keuntungan-keuntungan yang disebutkan di atas.

## 2.3 Sistem Informasi Manajemen

Implementasi *Predictive Maintenance* (PdM) sangat bergantung pada integrasi dan fungsi dari sistem informasi manajemen pemeliharaan. PdM tidak dapat beroperasi secara terpisah dari *enterprise* yang memfasilitasi pengumpulan data, analisis prediktif, hingga eksekusi perintah kerja. *SAP Plant Maintenance* (PM) merupakan segmen dari *SAP ERP Central Component* (ECC) yang dapat dianggap sebagai alat paling efektif yang memberikan panduan untuk manajer eksekutif dalam upaya memberikan arahan bagi industri untuk mengelola semua aktivitas pemeliharaan terhadap aset perusahaan termasuk korektif, preventif, dan prediktif. Dalam modul *SAP PM* yang tercantum (Liebstückel, n.d.) ini terdiri dari *Inventory*, *Employee*, *Task Preventive Maintenance*, *Work Order*, *Work Request* (*Corrective Maintenance*), *SPM* (*condition based monitoring*), *failure analysis*, *Puchasing*,

*Graphs dan Report* serta sistem *Security*. Dengan memanfaatkan data dari SAP PM, strategi Predictive Maintenance (PdM) dapat diimplementasikan secara lebih efektif karena berdasarkan kondisi aktual dan historis peralatan. Hal ini sejalan dengan penelitian (Jaiswal & Jaiswal, 2025) yang menyatakan bahwa data historis pemeliharaan dari sistem ERP seperti SAP PM dapat membangun model yang kuat untuk prediktif.

## **5. METODE PENELITIAN**

Pada bagian ini dijelaskan metode yang digunakan untuk menyelesaikan penelitian

### **1. Validasi Proses**

Validasi Proses dilakukan untuk memahami pola permasalahan yang ada di lingkungan perusahaan. Pada tahap ini dilakukan dengan mengamati proses bisnis yang terintegrasi dengan beberapa teori yang sesuai dengan kegiatan aktivitas pemeliharaan terencana maupun tidak terencana, dan juga mengidentifikasi implementasi pemeliharaan dengan SAP PM seperti pembuatan notifikasi, work order, hingga *technical completion*.

### **2. Pengumpulan Data Kualitatif**

Penelitian ini mengandalkan pengumpulan data kualitatif sekunder yang diperoleh dari sumber rekaman atau arsip dokumen perusahaan. Data sekunder dalam penelitian ini tentang gambaran umum yang meliputi navigasi penggunaan SAP *Plant Maintenance*, data *downtime*, analisis RCA, hingga perhitungan MTBF dan MTTR, dan juga melibatkan analisis studi kasus di perusahaan, seperti mengumpulkan informasi melalui metode studi dokumentasi dan observasi pembelajaran terkait proses pemeliharaan. Analisis ini digunakan untuk menjelaskan mekanis dari penerapan *Predictive Maintenance*, validitas pencatatan *downtime*, serta teknis yang menghasilkan data kualitatif dan kuantitatif.

### **3. Pengumpulan data kuantitatif**

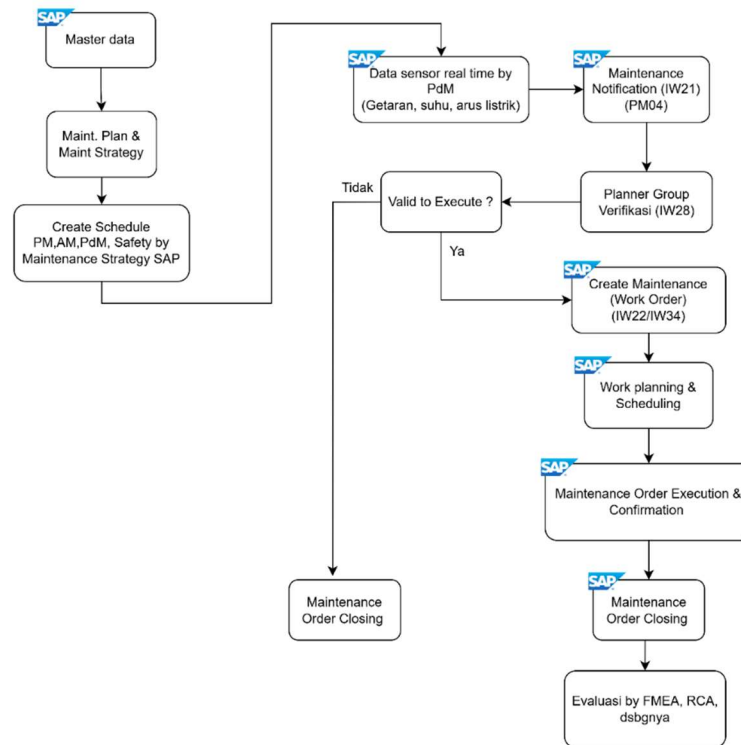
Data kuantitatif dikumpulkan dengan menganalisis data historis dari sistem SAP PM, yang meliputi log aktivitas perawatan, laporan *downtime* mesin, frekuensi kerusakan, MTBF, MTTR, dan data sistem SAP PM *maintenance notification*, hingga *work order*. Analisis ini digunakan untuk melihat perubahan yang terjadi dari kinerja pemeliharaan dan pengaruh Predictive Maintenance terhadap durasi maupun jumlah *downtime*. Pendekatan gabungan ini dipilih agar hasil penelitian menunjukkan data numerik hingga memberikan pemahaman mengenai penyebab, dan interpretasi operasional di lapangan.

#### 4. Root Cause Analysis (RCA)

Untuk mengidentifikasi akar penyebab downtime, RCA dilakukan dengan melihat hasil dari laporan *downtime* salah satu aset produksi.

#### 6. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Flow Chart SAP PM



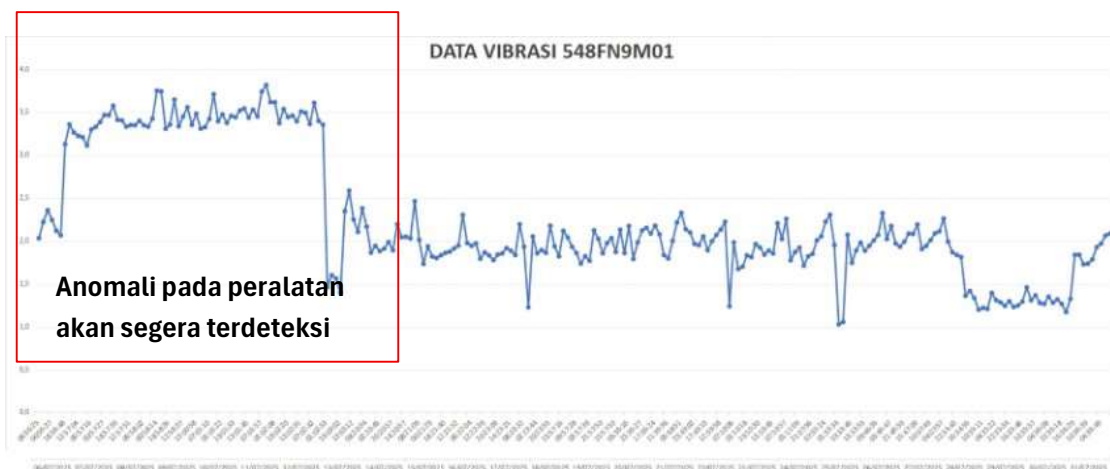
**Gambar 2.** Flow Chart Predictive Maintenance with SAP PM

Pada gambar 2 dijelaskan alur dari implementasi *Predictive Maintenance* yang di input melalui SAP *Plant Maintenance*. Proses tersebut merupakan serangkaian tahapan terstruktur yang mengacu data master, strategi pemeliharaan, hingga pembuatan notifikasi kerja berbasis kondisi aktual peralatan. Sistem PdM ini mengidentifikasi kondisi peralatan secara *real-time* melalui parameter teknis seperti sensor, suhu, getaran, hingga arus listrik. Hasil PdM ini menjadi dasar awal untuk pembuatan notifikasi yang dibuat oleh user atau operator mesin dengan TCODE IW21 dengan jenis TCODE PM04 untuk *Predictive Maintenance*, kemudian diverifikasi oleh *planner group* melalui TCODE transaksi IW28. Jika dinyatakan tidak valid, maka proses langsung diarahkan ke penutupan maintenance order, namun jika valid, maka dilakukan dengan pembuatan *work order* dengan TCODE IW22/IW34 untuk perencanaan perbaikan yang mencakup penjadwalan pekerjaan dan alokasi material jika dibutuhkan. Eksekusi pekerjaan dilakukan sesuai dengan perintah kerja kemudian diikuti proses konfirmasi

dan penutupan order. Seluruh siklus PdM ini ditutup dengan evaluasi teknis yang menggunakan metode seperti *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)* dan *Root Cause Analysis (RCA)*, untuk mengidentifikasi penyebab permasalahan kinerja aset dalam upaya mendukung perbaikan berkelanjutan dan peningkatan keandalan aset produksi.

### **Penggunaan Data pada Sistem Notifikasi berbasis AI**

Sistem notifikasi *Maintenance* berbasis AI adalah suatu transaksi yang digunakan untuk memberitahukan keadaan suatu objek teknik (*Functional Location* atau *Equipment*) yang ditujukan ke modul *maintenance planner group* yang ada di sistem SAP, apabila ada kebutuhan untuk perbaikan terencana, maka dibuatkan *maintenance notification* untuk catatan teknis kerusakan suatu objek atau catatan kegiatan kecil di lapangan (*Activity Report*). Sistem notifikasi kerusakan dalam implementasi *predictive maintenance 4.0* diwujudkan melalui *alert system* berbasis AI yang terintegrasi dengan aplikasi Telegram. Sistem ini berfungsi sebagai jembatan antara data sensor IoT (*Internet of Things*) dan tindakan pemeliharaan, dengan mengirimkan peringatan secara instan kepada *engineer*. Notifikasi real-time memungkinkan diagnosis cepat, prioritas aksi, serta dokumentasi interaksi yang lebih efisien. Notifikasi real-time yang dikirim melalui Telegram-bot dapat dipetakan ke dalam *maintenance notification* SAP PM, sehingga tindak lanjut berupa *work order* tetap terdokumentasi sesuai standar perusahaan. *Predictive maintenance 4.0* tidak mengubah alur SAP PM yang sudah ada, aplikasi ini hanya memperkuat sistem melalui input data yang menghasilkan master data dari aktivitas PdM berbasis sensor dan analisis AI yang menghasilkan respons lebih cepat, keterlacakan lebih baik, serta peningkatan efisiensi pemeliharaan terhadap aset kritis. Berikut gambar sensor yang dihasilkan dari aktivitas PdM.



**Gambar 3.** Data *trending* dari kondisi aset yang dihasilkan oleh *Predictive Maintenance*

Data yang diidentifikasi ini merupakan sebuah pengembangan sistem notifikasi proaktif berbasis bot Telegram, yang mengubah paradigma pemantauan dari pull-based (aktif memeriksa) menjadi push-based (langsung diinformasikan) sehingga mempercepat waktu respons dan tindakan pemeliharaan dengan pembuatan notifikasi melalui SAP hingga menjadwalkan perbaikan sebagai tindak lanjut.

Ord	Order	Supl	Description	System status	Equipment	Description	Tota	Actual release	Entered by	Plan	Resp. cost cntr	Plan	Funct
PM04	14214046		PREDIKTIF VIBRASI AREA 322RR1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50011077	RECLAIMER, BRIDGE LS/CLAY MIXLS/CLAY MIX	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214048		PdM THERMOGRP MECH 441PH1TOD-TAD 12MINGG	TECO CNF	NMAT PRC SETI50012447	PREHEATER, F/PYROPROCESSING	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214055		PREDIKTIF VIBRASI AREA 512BCA 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50013395	CONVEYOR, BELT- #1 GYPSUM FR/B.CONV.511B	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214059		PREDIKTIF VIBRASI AREA 541MM1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50013559	REDUCER, MAIN- MILL DRIVE SYMETRO BALL	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214064		PREDIKTIF VIBRASI AREA 254CR01 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50020045	CRUSHER	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214070		PREDIKTIF VIBRASI AREA 343CP1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI70001730	COMPRESSOR, ROT.SCR.WATER COOLED F/RM AI	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214071		PREDIKTIF VIBRASI AREA 254AF01 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50020041	APRON FEEDER TYPE RKF	0	31/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214043		PREDIKTIF VIBRASI AREA 469WP1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50040603	HYDRANT PUMP	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214044		PREDIKTIF VIBRASI AREA 343RM1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50011572	MILL,RAW ROLLER-@ RAW GRINDINGTUBAN-3 R	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214045		PREDIKTIF VIBRASI AREA 444CR01 2 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50020257	ROLL CRUSHER	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214061		PdM THERMOGRP MECH 441PH1LT8-11 12MINGG	TECO CNF	NMAT PRC SETI50012447	PREHEATER, F/PYROPROCESSING	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14213645	293530	BON MATERIAL KEBUTUHAN OFFLINE ONLINE DA	TECO CNF	PRT GMPS MSF 20013062	MOTOR, MASTER KILN MAIN DRIVE TBN ~ 1MAI	#####	29/10/2024	CNH7796176 568	552	7203422901	7902	SG-23
PM04	14214039		PREDIKTIF VIBRASI AREA 469CR1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50027283	SIZER, COAL # 1 STORAGE 500 T/H	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214049		PREDIKTIF VIBRASI AREA 631FN1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50014864	FAN, ID- DUST COLLECTOR #06 F/PACKING MA	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214058		PdM THERMOGRAPHY MECH 342RM1 4 MINGGUA	TECO CNF	NMAT PRC SETI50011443	MILL, RAW ROLLER@ RAW GRINDINGGRINDING T	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214060		PREDIKTIF VIBRASI AREA 521BE1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50013420	ELEVATOR, BUCKET~ CLINKER #01 T/CLINKE	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214063		PREDIKTIF VIBRASI AREA 253CR1 4 MINGGUAN	TECO CNF	NMAT PRC SETI50010851	CRUSHER, CLAY- @ CLAY CRUSHING - TUBAN-3	0	29/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214074		PdM THERMOGRP MECH 441PH1LT4-7 12MINGGL	TECO CNF	NMAT PRC SETI50012447	PREHEATER, F/PYROPROCESSING	0	30/10/2024	IP102024102:568		7203422901	7902	SG-23
PM04	14214079	142140	CHECK VIBRASI DRIVE	TECO CNF	NMAT PRC SETI50010965	CONVEYOR, BELT LIMESTONE & CLALIMESTONE	0	30/10/2024	JWT0001499 568	543	7203422901	7902	SG-23
PM04	14214082	294004	AMBIL DATA VIBRASI	TECO CNF	NMAT PRC SETI40004594	CRUSHER, PRIMARY #2 LIMESTONECRUSHING TB	0	30/10/2024	JWT0001499 568	543	7203422901	7902	SG-23

**Gambar 4.** Pembuatan *Schedule Maintenance* terkait temuan *negative list*

Data yang di tampilkan merupakan data riwayat transaksi dari SAP Plant Maintenance, dalam format excel dengan daftar *Maintenance Order*. Data ini merupakan hasil dari aktivitas pemeliharaan prediksi yang telah dieksekusi. Setiap baris data adalah cerminan dari sebuah potensi kegagalan yang berhasil dideteksi dini kemudian dikonversi menjadi perintah kerja, dan diselesaikan sebelum terjadinya *breakdown* yang tidak terencana.

### Komparasi Data Kinerja Pemeliharaan Sebelum dan Sesudah Impelementasi PdM

Berdasarkan data historis dari sistem SAP PM (Tabel 1), dapat dianalisis kinerja pemeliharaan pada periode sebelum transisi ke digital. Data tersebut menunjukkan dominasi dari *downtime* terjadwal sebesar 516.73 jam, yang menyebabkan ketersediaan aset hanya mencapai 43.45%, meskipun MTTR untuk kerusakan tak terduga relatif singkat yaitu 0.5 jam. Pola ini menginformasi ketergantungan pada pemeliharaan periodik dan kurangnya data *real-time* untuk analisis kondisi.

**Tabel 1.** Analisis Kinerja Aset 1 (Sebelum Implementasi PdM 4.0)

<b>Metric</b>	<b>Nilai</b>	<b>Keterangan</b>
Total Downtime	516.73 Jam	Didominasi kategori OVH (Preventif)
Downtime Tak Terduga (OP)	0.5 Jam	1 insiden (CO AN1 high)
Total Waktu Operasi (Running)	323.27 Jam	
MTTR	0.5 Jam	Rata-rata durasi perbaikan kerusakan
MTBF	323.27 Jam	Rata-rata waktu antar kerusakan (berdasarkan 1 insiden)
Availability	43.45%	(Running Time / 744 Jam) 100%

**Tabel 2.** Perbandingan dengan Kinerja Aset Setelah Implementasi PdM 4.0 (2024)

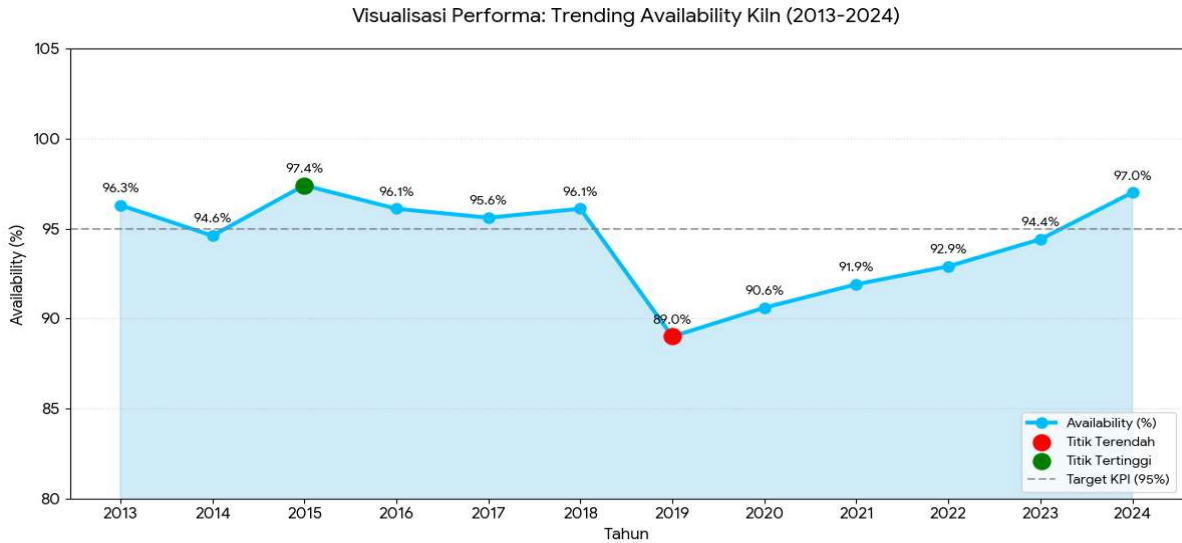
<b>Metric</b>	<b>Aset 1 (Mei 2021)</b>	<b>Aset 2 (2024)</b>	<b>Keterangan</b>
Availability (%)	43.45	97.0	Peningkatan signifikan
MTBF (jam)	323.27	511.3	Peningkatan waktu antar kegagalan
Total Downtime (jam)	516.73 (dalam 1 bulan)	318.4 (dalam setahun)	Penurunan drastis downtime

### Hasil Implementasi

Rancangan aplikasi untuk monitoring seperti Telegram dan kemudian hasil dari data tersebut di input melalui SAP PM ini membantu pemeliharaan prediktif yang selama ini masih dilakukan secara manual. Hasil rancangan tersebut memberikan informasi spesifik dari kondisi aset yang dapat diketahui secara realtime, pengambilan tindakan pencegahan lebih cepat dilakukan karena system notifikasi memberikan peringatan secara dini jika parameter kondisi aset melebihi suatu keadaan abnormalitas.

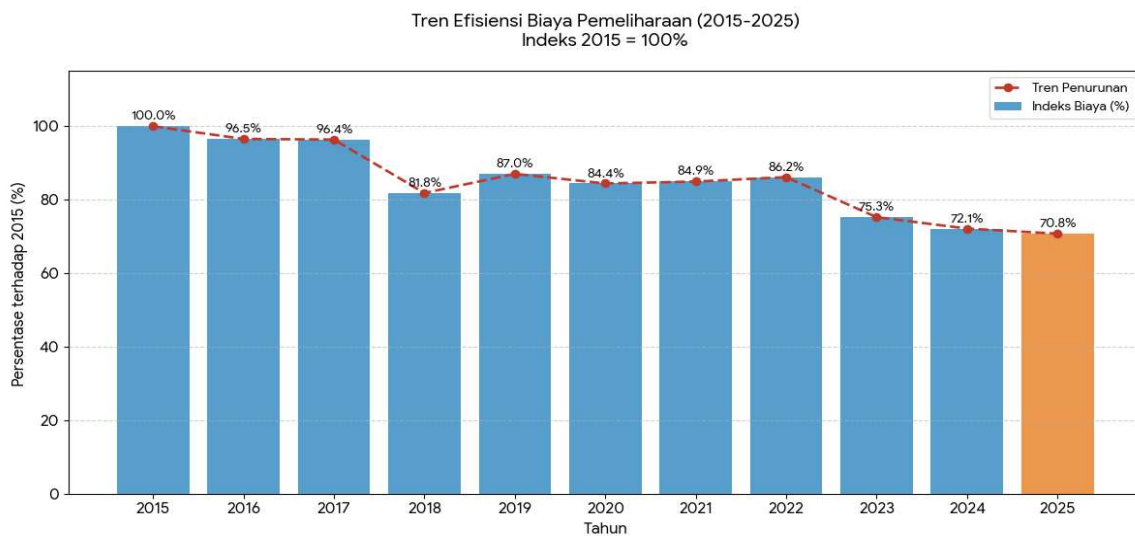
Implementasi PdM menunjukkan hasil signifikan dalam berbagai aspek operasional, finansial, ataupun keberlanjutan. Hasil dari analisis pasca penerapan PdM mengungkapkan peningkatan perusahaan dalam menurunkan waktu henti (*downtime*) menunjukkan dalam rentang 20-25%, yang mengindikasikan peningkatan substansial dalam ketersediaan keseluruhan aset produksi. Dampak finansial dari peningkatan operasional tersebut termanifestasi dalam pengurangan biaya pemeliharaan hingga 30%. Penghematan ini bersumber dari dua mekanis utama, yaitu eliminasi *breakdown maintenance* yang secara inheren memiliki biaya tinggi akibat kebutuhan suku cadang yang mendesak, tenaga kerja *overtime*, dan potensi kerusakan sekunder yang lebih parah, dan yang kedua optimasi siklus penggantian komponen, di mana komponen dengan sisa umur pakai yang masih memadai tidak diganti berdasarkan jadwal waktu tetap.

Hasil dari efisiensi biaya kumulatif mempresentasikan hasil yang baik dari PdM terhadap peningkatan *bottom line* perusahaan, alur kerja terdigitalisasi dan berbasis data tersebut menghasilkan dampak operasional yang dapat di observasi melalui metrik kinerja terstandarisasi. Dampak yang terlihat pada performa aset kritis yang memberikan peningkatan substantif terhadap *Mean Time Between Failure* (MTBF) yang mencapai 511,3 jam pada periode pengukuran tahun 2024. Angka ini menunjukkan interval waktu antar kegagalan peralatan menjadi lebih panjang yang mengindikasikan elongsi dalam siklus operasi bebas gangguan, secara paralel total akumulasi penurunan *downtime* pada salah satu kinerja aset berhasil ditekan hingga ke level terendah sepanjang operasional pabrik, yang mencapai 318,4 jam. Konvergensi antara peningkatan keandalan dan pengurangan waktu henti ini berpengaruh pada efektivitas kinerja aset secara keseluruhan, yang diukur melalui nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang mencapai 92,1% di tahun 2024. Kontribusi PdM terbukti signifikan terhadap pencapaian *Key Performance Indicators* (KPI) dengan dampak positif yang terukur 12 dari total 20 KPI operasional, hasil ini menstabilkan operasi pada titik efisiensi optimal, dari memastikan peralatan beroperasi pada kondisi normal hingga berpengaruh agenda keberlanjutan melalui peningkatan konservasi energi dan reduksi emisi, menyelaraskan tujuan operasional dengan prinsip sustainable manufacturing.



**Gambar 5.** Tren *availability* aset tahun 2013-2024.

Hasilnya, dari 2020 hingga 2024, mampu secara signifikan meningkatkan dan mempertahankan ketersediaan aset, meminimalkan *downtime*, dan memastikan operasi yang lebih andal dan efisien. Nilai 97,0% di 2024 adalah salah satu keberhasilan transformasi digital dalam strategi pemeliharaan *based predictive maintenance*. Meskipun ada fluktuasi di awal dan sedikit kenaikan di 2023, penurunan jam *downtime* di tahun 2024 hingga level terendah yang tercatat (318,4 jam). Ini menunjukkan bahwa perusahaan ini telah berhasil memanfaatkan teknologi Industri 4.0 untuk secara efektif memprediksi, mencegah, dan meminimalkan kegagalan kinerja aset, sehingga memaksimalkan waktu operasi dan efisiensi produksi. Ini adalah cerminan langsung dari penghematan biaya, peningkatan ketersediaan, dan peningkatan produktivitas yang diharapkan dari implementasi PdM 4.0.



**Gambar 6.** Tren biaya pemeliharaan

Secara keseluruhan, tren ini sangat positif. Ini menggambarkan keberhasilan mengimplementasikan dan mengelola strategi pemeliharaan yang efektif, yang didukung oleh prinsip-prinsip salah satu jenis pemeliharaan termasuk *Predictive Maintenance 4.0*, yang secara konsisten menghasilkan penghematan biaya dan meningkatkan efisiensi operasional.

**Tabel 3.** Indikator Capaian Keberhasilan Implementasi

Indikator Keberhasilan	Skor (1-10)	Status	Analisa Hasil
Availability Aset	9.7	Optimal	Angka 97,0% menunjukkan keandalan yang hampir sempurna untuk aset industri.
Efisiensi Biaya	8.5	Sangat Baik	Penurunan Indeks ke 70,8% menunjukkan penghematan biaya yang masif.
Kecepatan Respon	10	Perfect	Integrasi Telegram mengubah respon dari hitungan jam/hari menjadi real-time.
Pemanfaatan SAP PM	9.0	Optimal	Penggunaan fitur SAP PM membuktikan dipakai untuk administrasi dalam aktivitas pemeliharaan.
Mitigasi Downtime	8.0	Baik	Keberhasilan RCA memperbaiki kondisi dari 89% ke 97% menunjukkan sistem yang belajar.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi SAP PM ini terbukti menjadi suatu bentuk dukungan dalam upaya aktivitas pemeliharaan atau perencanaan perbaikan yang lebih kompleks sebelum kegagalan terjadi, sehingga terhindar dari *downtime* dan biaya meningkat secara tak terduga. Integrasi dari teknologi ini merupakan suatu bentuk sistem informasi yang dikombinasikan dengan aplikasi Telegram dalam upaya memberikan informasi yang digunakan sebagai alat monitoring keadaan kondisi aset secara *real time*.

## DAFTAR REFERENSI

- Bousdekis, A., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2020). Predictive Maintenance in the 4th Industrial Revolution: Benefits, Business Opportunities, and Managerial Implications. *IEEE Engineering Management Review*, 48, 57–62. <https://doi.org/10.1109/EMR.2019.2958037>
- Dabija, D.-C., Bejan, B. M., & Puşcaş, C. (2020). A Qualitative Approach to the Sustainable Orientation of Generation Z in Retail: The Case of Romania. *Journal of Risk and*

- Financial Management*, 13(7). <https://doi.org/10.3390/jrfm13070152>
- Di Nardo, M., Murino, T., Cammardella, A., Wu, J., & Song, M. (2024). Catalyzing industrial evolution: A dynamic maintenance framework for maintenance 4.0 optimization. *Computers & Industrial Engineering*, 196, 110469. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2024.110469>
- Feng, M., & Li, Y. (2022). Predictive Maintenance Decision Making Based on Reinforcement Learning in Multistage Production Systems. *IEEE Access*, 10, 18910–18921. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3151170>
- Jaiswal, R., & Jaiswal, M. (2025). Predictive Maintenance in QAD ERP: Leveraging Machine Learning for Downtime Reduction. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. <https://doi.org/10.32628/cseit25112833>
- Kaur, T., . J., & Sood, S. (2025). Predictive Maintenance 4.0: Transforming Industry through IoT Innovations. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 1914–1920. <https://doi.org/10.38124/ijisrt/25apr1169>
- Lee, J., Bagheri, B., & Kao, H.-A. (2015). A Cyber-Physical Systems architecture for Industry 4.0-based manufacturing systems. *Manufacturing Letters*, 3, 18–23. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.mfglet.2014.12.001>
- Liebstückel, K. (2008). *Plant Maintenance with SAP Contents at a Glance*.
- Mehmeti, X., Mehmeti, B., & Sejdiu, R. (2018). The equipment maintenance management in manufacturing enterprises. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 800–802. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.192>
- Mobley, R. K. (Ed.). (2002). Contents. In *An Introduction to Predictive Maintenance (Second Edition)* (pp. v–xii). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-075067531-4/50000-2>
- Nunes, P., Santos, J., & Rocha, E. (2023). Challenges in predictive maintenance – A review. In *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* (Vol. 40, pp. 53–67). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2022.11.004>
- Deloitte. (2022). *Predictive maintenance: Deloitte's approach*. Deloitte Development LLC.
- Rispoli, F. J. (2025). A Root Cause Analysis Application for Reducing Downtime. *Open Journal of Business and Management*, 13(06), 3894–3903. <https://doi.org/10.4236/ojbm.2025.136212>
- Ignatius Deradjad Pranowo. (2019) *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan*. (n.d.).
- Yam, R. C. M., Tse, P. W., Li, L., & Tu, P. (2001). Intelligent Predictive Decision Support System for Condition-Based Maintenance. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17(5), 383–391. <https://doi.org/10.1007/s001700170173>
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 150, 106889. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106889>
- Jaiswal, R., & Jaiswal, M. (2025). Predictive Maintenance in QAD ERP: Leveraging Machine Learning for Downtime Reduction. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*. <https://doi.org/10.32628/cseit25112833>.