

MODUL PRAKTIK

PENERAPAN PILIHAN STRATEGI PEMELIHARAAN SEDERHANA

Mata Kuliah Praktik Pemeliharaan Preventif Lanjut

Penyusun:

- Indra Feriadi
- Masdani
- Angga Sateria

Program Studi Teknik Perawatan dan Perbaikan Mesin
Jurusan Rekayasa Mesin
Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung
2025

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya modul **“Praktik Penerapan Pilihan Strategi Pemeliharaan Sederhana”** ini dapat disusun. Modul ini dirancang untuk mendukung pembelajaran mata kuliah Praktik Pemeliharaan Preventif Lanjut pada jenjang Diploma 3 (KKNI Level 5) Program Studi Perawatan dan Perbaikan Mesin.

Materi dalam modul mencakup konsep jenis-jenis strategi pemeliharaan, serta penerapan pemeliharaan preventif. Selain itu, modul juga dilengkapi dengan contoh kasus, latihan soal, tugas praktik, dan rubrik penilaian yang diharapkan dapat membantu mahasiswa memahami konsep sekaligus mengaplikasikannya pada praktik nyata.

Kami menyadari bahwa modul ini masih perlu penyempurnaan. Oleh karena itu, saran dan masukan dari berbagai pihak sangat diharapkan. Semoga modul ini dapat memberikan manfaat bagi mahasiswa maupun dosen dalam proses pembelajaran.

Sungailiat, April 2025
Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	ii
DAFTAR ISI	iii
PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL.....	iv
BAB I. CAPAIAN DAN RENCANA PEMBELAJARAN	1
1.1 Capaian Pembelajaran	1
1.2 Indikator Pencapaian	1
1.3 Rencana Pembelajaran	1
BAB II. DASAR TEORI.....	3
2.1 Pemeliharaan Korektif	3
2.2 Pemeliharaan Preventif	4
2.3 Pemeliharaan Berbasis Kondisi	5
2.4 Pemeliharaan Prediktif	5
2.5 Pemeliharaan Preskriptif.....	6
2.6 Kategori Pemeliharaan Lainnya	7
Ringkasan	8
BAB III. KEGIATAN MAHASISWA.....	9
3.1 Latihan Soal	9
3.2 Tugas Praktik	11
3.3 Rubrik Penilaian Praktik	12
DAFTAR PUSTAKA	13
Lampiran 1. Kunci Jawaban Latihan Soal.....	15
Lampiran II. Template Laporan Tugas Praktik.....	16
Lampiran III. Contoh Laporan Praktik	17

PETUNJUK PENGGUNAAN MODUL

1. Tujuan

- Membantu mahasiswa memahami konsep dan praktik pemeliharaan mesin.
- Melatih keterampilan menerapkan teori ke studi kasus dan praktik bengkel.

2. Struktur Modul

- Bab I Capaian dan Rencana Pembelajaran
- Bab II Dasar Teori
- Bab III Kegiatan Mahasiswa.
 - Latihan soal
 - Praktikum & Studi Kasus → Lembar tugas, template laporan, rubrik penilaian.

3. Cara Menggunakan Modul

- Baca materi pada setiap bab.
- Pelajari contoh kasus/mini laporan sebagai panduan.
- Kerjakan latihan soal (kuis) untuk menguji pemahaman (C2).
- Laksanakan tugas praktik (C3) sesuai lembar tugas.
- Susun laporan menggunakan template yang tersedia.

4. Evaluasi & Penilaian

- Kuis/tes tulis → pemahaman konsep (C2).
- Tugas praktik → kemampuan menerapkan strategi pemeliharaan (C3).
- Penilaian mengacu pada rubrik yang disediakan.

5. Catatan Penting

- Gunakan APD (Alat Pelindung Diri) saat praktik di bengkel/laboratorium.
- Laporan ditulis rapi, maksimal 2–3 halaman, sesuai template.
- Diskusi diperbolehkan, tetapi laporan harus dikerjakan secara mandiri/kelompok sesuai instruksi dosen.

BAB I. CAPAIAN DAN RENCANA PEMBELAJARAN

1.1 Capaian Pembelajaran

1. Mahasiswa mampu menjelaskan klasifikasi dan karakteristik jenis pemeliharaan.
2. Mahasiswa mampu menguraikan kelebihan dan kekurangan strategi pemeliharaan serta dampaknya pada biaya dan keandalan mesin.
3. Mahasiswa mampu menerapkan pilihan strategi pemeliharaan sederhana sesuai kebutuhan operasional di industri.

1.2 Indikator Pencapaian

No.	Capaian Pembelajaran	Indikator Pencapaian
1.	Mahasiswa mampu menjelaskan klasifikasi & karakteristik jenis pemeliharaan (C2).	Mampu menjelaskan perbedaan korektif, preventif, berbasis kondisi, prediktif, dan preskriptif.
2.	Mahasiswa mampu menguraikan kelebihan & kekurangan strategi pemeliharaan (C2).	Mampu menguraikan kelebihan dan keterbatasan tiap strategi.
3.	Mahasiswa mampu menerapkan pilihan strategi pemeliharaan sederhana sesuai kebutuhan operasional (C3).	Mampu memilih jenis pemeliharaan yang tepat pada mesin tertentu berdasarkan kondisi nyata di lapangan.

1.3 Rencana Pembelajaran

Capaian Pembelajaran Mata Kuliah (CPMK)	Sub-CPMK (KKNI Level 5, Bloom C2–C3)	Bahan Kajian / Materi	Metode Pembelajaran	Waktu (menit)	Bentuk Penilaian	Indikator Penilaian
Mahasiswa mampu menjelaskan konsep dasar pemeliharaan mesin dan jenis-jenis strategi pemeliharaan.	Menjelaskan klasifikasi & karakteristik jenis pemeliharaan (C2).	Konsep CM, PM, CBM, PdM, RxM beserta karakteristiknya.	Ceramah interaktif, tanya jawab	60	Kuis individu	Jawaban benar $\geq 70\%$
Mahasiswa mampu menganalisis kelebihan dan kekurangan strategi pemeliharaan.	Menguraikan kelebihan & kekurangan strategi pemeliharaan (C2).	Perbandingan antar strategi pemeliharaan (reaktif vs proaktif).	Diskusi kelompok berbasis kasus	40	Diskusi kelompok	Argumen logis & sesuai teori
Mahasiswa mampu menerapkan strategi pemeliharaan sederhana sesuai kondisi mesin.	Menerapkan pilihan strategi pemeliharaan pada studi kasus mesin (C3).	Studi kasus kerusakan mesin: bearing aus, sabuk putus, motor overheating.	Tugas praktik berbasis studi kasus, presentasi kelompok	80	Laporan & presentasi kelompok	Tabel klasifikasi lengkap & alasan pemilihan tepat
Mahasiswa mampu menyimpulkan pentingnya pemilihan strategi pemeliharaan.	Membuat rangkuman hasil diskusi & evaluasi (C2).	Kesimpulan akhir pembelajaran.	Refleksi & kuis formatif	20	Kuis & refleksi	Ringkasan logis & jawaban benar $\geq 70\%$

Total Waktu = 200 menit (4 jam)

- Penjelasan dosen: 60 menit (30%)
- Diskusi/analisis kelompok: 120 menit (60%)
- Evaluasi & refleksi: 20 menit (10%)

BAB II. DASAR TEORI

Pemeliharaan dapat dikategorikan secara luas ke dalam beberapa jenis, masing-masing dengan strategi, penerapan, serta implikasi yang berbeda terhadap kinerja sistem dan efektivitas biaya. Kategori ini telah berkembang secara signifikan seiring dengan kemajuan teknologi, bergerak dari pendekatan reaktif menuju pendekatan yang sangat proaktif dan cerdas (Bala et al., 2024).

Kategorisasi utama meliputi (Hamasha et al., 2023; Afolalu et al., 2024; Agustiady, 2016; Bala et al., 2024):

- Pemeliharaan korektif
- Pemeliharaan preventif
- Pemeliharaan prediktif
- Pemeliharaan preskriptif
- Pemeliharaan berbasis kondisi

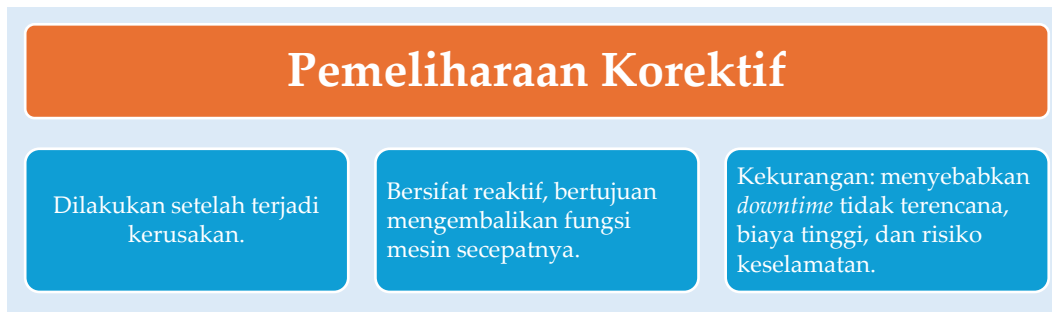
Pemeliharaan berbasis kondisi sering dianggap sebagai bentuk yang lebih canggih dari pemeliharaan preventif atau prediktif.

2.1 Pemeliharaan Korektif

Pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance/CM*), juga dikenal sebagai *breakdown maintenance*, dilakukan hanya setelah suatu sistem atau komponen mengalami kegagalan (Agustiady, 2016; Bala et al., 2024; Waeyenbergh & Pintelon, 2004). Ini merupakan pendekatan reaktif dengan tujuan utama mengembalikan peralatan ke kondisi operasional secepat mungkin (Bala et al., 2024). Jenis pemeliharaan ini ditandai dengan perbaikan masalah setelah kerusakan muncul (Bala et al., 2024).

Sebagai contoh, jika sebuah mesin mengalami kerusakan, pemeliharaan korektif dilakukan dengan memperbaiki atau mengganti komponen yang rusak untuk mengembalikan mesin ke kondisi operasional (Bala et al., 2024). Meskipun sederhana, CM biasanya menyebabkan *downtime* yang tidak terencana, potensi risiko keselamatan, serta biaya keseluruhan yang lebih tinggi akibat perbaikan darurat dan hilangnya produksi (Liu et al., 2022; Munguba et al., 2023; Ameer et al., 2023).

Studi menunjukkan bahwa pemeliharaan korektif sering kali menghasilkan tingkat keandalan terendah serta biaya dan waktu pemeliharaan tertinggi dibandingkan strategi lainnya (Liu et al., 2022).



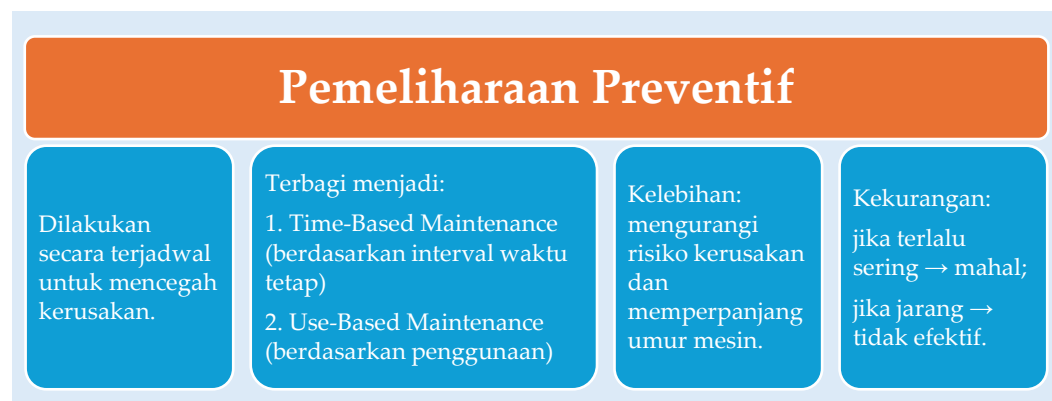
2.2 Pemeliharaan Preventif

Pemeliharaan preventif (*Preventive Maintenance/PM*) mencakup tugas-tugas terjadwal yang dilakukan pada interval waktu tertentu atau berdasarkan ambang batas penggunaan untuk mencegah kegagalan sebelum terjadi (Dietrich & Kahle, 2018; Bala et al., 2024; Dunning & Katz, 2020; Waeyenbergh & Pintelon, 2004; Peng, 2016). Tujuannya adalah untuk mengurangi risiko kerusakan, memperpanjang umur peralatan, dan memastikan kelancaran operasi (Bala et al., 2024; Omar et al., 2023).

PM dapat dibagi lebih lanjut menjadi:

1. Pemeliharaan berbasis waktu (*Time-based Maintenance/TBM*)
Pemeliharaan terjadwal berdasarkan interval waktu tetap, tanpa memperhatikan kondisi aktual aset (You, 2019; Dunning & Katz, 2020). Bentuknya termasuk pemeliharaan periodik, yang dilakukan pada interval rutin, seperti harian, mingguan, atau bulanan (Bulut & Özcan, 2024; Agustiady, 2016).
2. Pemeliharaan berbasis penggunaan (*Use-based Maintenance*)
Pemeliharaan yang dipicu setelah mencapai jumlah jam operasi, siklus, atau jarak tempuh tertentu (Bala et al., 2024).

Pemeliharaan preventif banyak diterapkan di berbagai industri, termasuk pertambangan, di mana PM merupakan bentuk utama pemeliharaan untuk peralatan bergerak (Simard et al., 2023). Namun, efektivitasnya bergantung pada ketepatan penjadwalan; PM yang terlalu sering dapat menjadi mahal dan tidak perlu, sementara PM yang terlalu jarang mungkin tidak mampu mencegah kerusakan (Dietrich & Kahle, 2018; Shafiee & Chukova, 2013). Sebagai contoh, di pembangkit listrik, strategi pemeliharaan yang efektif perlu menjelaskan pendekatan dalam memanfaatkan berbagai bentuk pemeliharaan, termasuk preventif (Ameeri et al., 2023).

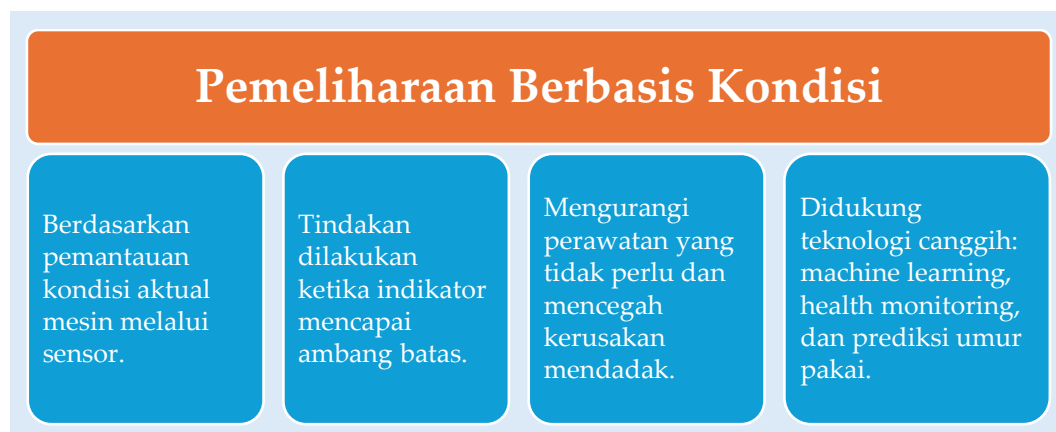


2.3 Pemeliharaan Berbasis Kondisi

Pemeliharaan berbasis kondisi (*Condition-Based Maintenance/CBM*) merupakan jenis pemeliharaan preventif yang bergantung pada pemantauan kondisi aktual peralatan atau sistem melalui berbagai sensor dan indikator untuk menentukan waktu yang optimal dalam melakukan pemeliharaan (Bulut & Özcan, 2024; Bala et al., 2024; Peng, 2016; Veldman et al., 2011). Tindakan pemeliharaan dilakukan ketika pembacaan sensor mencapai ambang batas tertentu yang telah ditentukan (Bala et al., 2024).

Pendekatan ini bertujuan untuk mengurangi pemeliharaan preventif yang tidak perlu sekaligus mencegah kegagalan tak terduga (Peng, 2016). CBM sangat bermanfaat karena memanfaatkan data dan analitik secara real-time untuk menilai kesehatan aset, memprediksi kegagalan, serta mengoptimalkan jadwal pemeliharaan (Dalzochio et al., 2023).

Sebagai contoh, jika sensor suhu pada sebuah mesin menunjukkan tingkat kritis, pemeliharaan dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut sebelum terjadi kerusakan yang lebih serius (Bala et al., 2024). CBM sering kali mengintegrasikan teknologi canggih seperti *machine learning*, *deep learning*, pemantauan kesehatan dan penggunaan (*health and usage monitoring*), serta *data fusion* guna meningkatkan akurasi dalam diagnosis kerusakan dan prediksi sisa umur pakai (*remaining useful life prediction*) (Dalzochio et al., 2023).



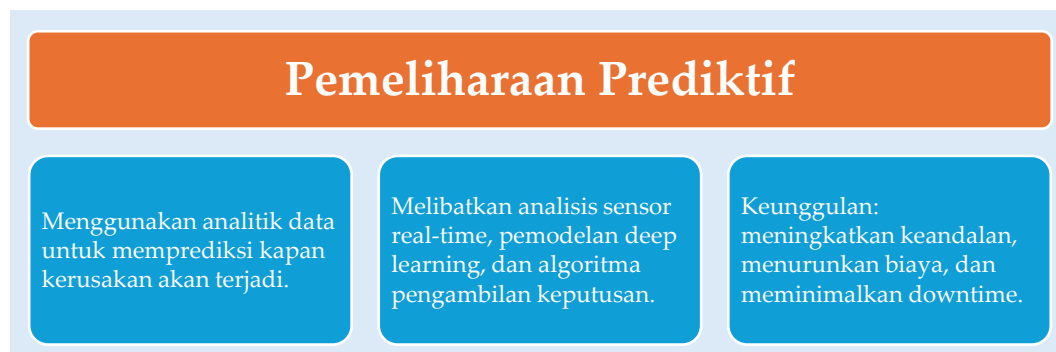
2.4 Pemeliharaan Prediktif

Pemeliharaan prediktif (*Predictive Maintenance/PdM*) menggunakan analitik data dan algoritma untuk memprediksi kapan suatu kegagalan kemungkinan akan terjadi, sehingga pemeliharaan dapat dijadwalkan tepat sebelum waktu kegagalan yang diperkirakan (Bala et al., 2024; Wadel et al., 2024; Simard et al., 2024). PdM meminimalkan *downtime* yang tidak terencana dan mengoptimalkan interval pemeliharaan dengan menangani masalah peralatan secara proaktif (Jimenez et al., 2020; Bala et al., 2024). Pendekatan ini menjadi bagian penting dari *Prognostics and Health Management* (PHM) dalam era Industri 4.0, yang meningkatkan keandalan sistem kompleks seperti mesin perkakas di lingkungan manufaktur berbasis IoT (Liu et al., 2022).

PdM umumnya melibatkan:

1. Pengambilan dan analisis data sensor. Pengumpulan dan analisis parameter secara real-time, seperti getaran, suhu, dan tekanan (Liu et al., 2022).
2. Pemodelan prediksi kerusakan. Pemanfaatan teknik *deep learning* seperti *Convolutional Neural Networks* (CNN) dan *Long Short-Term Memory* (LSTM) untuk memprediksi kerusakan (Liu et al., 2022).
3. Model pengambilan keputusan pemeliharaan. Penerapan *deep reinforcement learning* untuk menghitung keputusan pemeliharaan yang optimal, dengan mempertimbangkan biaya, energi, dan dampak produksi (Liu et al., 2022).

Dibandingkan dengan pemeliharaan korektif dan pemeliharaan berbasis kondisi, pemeliharaan prediktif terbukti menawarkan peningkatan keandalan, pengurangan biaya, serta waktu pemeliharaan yang lebih singkat (Liu et al., 2022).

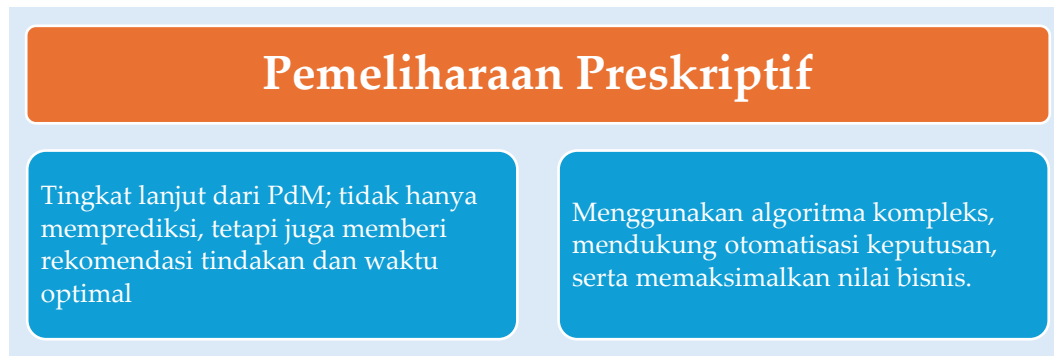


2.5 Pemeliharaan Preskriptif

Pemeliharaan preskriptif (*Prescriptive Maintenance/RxM*) merupakan bentuk lanjutan dari pemeliharaan prediktif yang tidak hanya memprediksi kapan suatu kegagalan akan terjadi, tetapi juga merekomendasikan tindakan spesifik serta waktu yang optimal untuk mencegah atau mengurangi kegagalan tersebut (Bulut & Özcan, 2024; Bala et al., 2024; Jeon et al., 2023). Strategi ini melampaui sekadar prediksi dengan memberikan rekomendasi terkait penggunaan sebelum pemeliharaan dilakukan, dengan tujuan mengoptimalkan kinerja dan umur aset (Bala et al., 2024).

RxM sering melibatkan algoritma kompleks dan *fuzzy logic-based genetic algorithms* untuk perencanaan aktivitas, terutama dalam konteks seperti pembangkit listrik tenaga air, di mana metode yang hemat biaya untuk memantau degradasi dan memprediksi kegagalan sangat penting (Bulut & Özcan, 2024).

RxM berada pada tingkat tertinggi dalam spektrum kompleksitas analitik, dengan menjawab pertanyaan **"Langkah pemeliharaan apa yang harus dilakukan dan kapan?"**, serta menghasilkan rekomendasi berdasarkan status sistem yang diperkirakan dan proses terkait (Bulut & Özcan, 2024). Pendekatan ini mendukung otomatisasi pengambilan keputusan dan bertujuan memaksimalkan nilai bisnis dengan menyediakan wawasan yang dapat ditindaklanjuti untuk pengambilan keputusan yang cepat dan berkualitas tinggi (Bulut & Özcan, 2024).



2.6 Kategori Pemeliharaan Lainnya

- **Pemeliharaan Opportunistik (*Opportunistic Maintenance*).** Strategi ini dilakukan dengan melaksanakan pemeliharaan pada beberapa komponen secara bersamaan selama penghentian terencana maupun tidak terencana, meskipun sebagian komponen belum mencapai ambang batas pemeliharaan. Tujuannya adalah menghemat biaya dengan mengurangi pengeluaran untuk persiapan dan mobilisasi (Zhang & Yang, 2021; Xia et al., 2023). Strategi ini memanfaatkan kesempatan ketika suatu aset sedang tidak beroperasi (Xia et al., 2023).
- **Pencegahan Pemeliharaan (*Maintenance Prevention*).** Berfokus pada perancangan peralatan agar kebutuhan pemeliharaan dapat diminimalkan dengan meningkatkan desain, sehingga mengurangi kemungkinan kegagalan atau memudahkan pemeliharaan (Agustiady, 2016).
- **Pemeliharaan Berbasis Keandalan (*Reliability-Centered Maintenance/RCM*).** RCM mengidentifikasi fungsi-fungsi kritis dan potensi mode kegagalan peralatan, kemudian menentukan tugas pemeliharaan yang paling efektif untuk mencegah atau mengurangi konsekuensi dari kegagalan tersebut (Bulut & Özcan, 2024).
- **Pemeliharaan Berbasis Risiko (*Risk-based Maintenance*).** Strategi ini mengevaluasi potensi risiko yang terkait dengan kegagalan aset dan memprioritaskan aktivitas pemeliharaan berdasarkan tingkat risiko, dengan fokus pada komponen berisiko tinggi (Bulut & Özcan, 2024).

Evolusi strategi pemeliharaan, khususnya di ranah militer, menunjukkan adanya pergeseran menuju pendekatan prediktif karena tuntutan unik terkait kesiapan peralatan, kondisi operasi, dan aspek keamanan (Dalzochio et al., 2023). Pasukan militer bergantung pada proyek serta operasi manajemen pemeliharaan untuk menjaga material atau memulihkannya agar siap digunakan dalam pertempuran maupun pelatihan (Dalzochio et al., 2023). Pemeliharaan prediktif dalam konteks ini dapat diterapkan pada berbagai aset seperti armada udara, kendaraan darat, armada laut, hingga sistem persenjataan (Dalzochio et al., 2023).

Ringkasan

1. Klasifikasi dan Karakteristik Jenis Pemeliharaan

- Pemeliharaan dalam industri dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis dengan pendekatan yang berbeda.
- Pemeliharaan korektif (CM) bersifat reaktif karena dilakukan setelah kerusakan terjadi. Pemeliharaan preventif (PM) dilakukan secara terjadwal berdasarkan waktu atau penggunaan untuk mencegah kegagalan.
- Pemeliharaan berbasis kondisi (CBM) memanfaatkan sensor untuk memantau kondisi aktual mesin dan menentukan waktu optimal perawatan.
- Pemeliharaan prediktif (PdM) menggunakan analitik data dan algoritma untuk memprediksi kapan kerusakan mungkin terjadi.
- Sementara itu, pemeliharaan preskriptif (RxM) adalah tingkat lanjut dari PdM karena tidak hanya memprediksi, tetapi juga memberikan rekomendasi tindakan yang spesifik.

2. Kelebihan, Kekurangan, dan Implikasi Strategi Pemeliharaan

- Setiap jenis pemeliharaan memiliki kelebihan dan keterbatasan yang memengaruhi keandalan sistem dan biaya operasional.
- Pemeliharaan korektif sederhana namun menyebabkan downtime tidak terencana, risiko keselamatan, dan biaya tinggi.
- Pemeliharaan preventif dapat memperpanjang umur aset, tetapi jika terlalu sering menjadi mahal dan jika jarang tidak efektif.
- Pemeliharaan berbasis kondisi lebih efisien karena dilakukan berdasarkan indikator aktual, namun memerlukan investasi teknologi sensor.
- Pemeliharaan prediktif mampu menekan downtime dan biaya dengan prediksi kerusakan, tetapi membutuhkan analisis data yang kompleks.
- Pemeliharaan preskriptif memberikan rekomendasi optimal, meskipun implementasinya menuntut infrastruktur digital dan algoritma canggih.

3. Penerapan Strategi Pemeliharaan Modern di Industri

- Dengan kemajuan teknologi, pemeliharaan semakin bergerak dari pendekatan reaktif menuju strategi yang lebih proaktif dan cerdas.
- CBM, PdM, dan RxM menjadi pilar utama dalam era Industri 4.0, karena mampu mengintegrasikan sensor, Internet of Things (IoT), big data, machine learning, dan kecerdasan buatan.
- Penerapan strategi modern ini terbukti meningkatkan keandalan, mengurangi downtime, menekan biaya siklus hidup aset, dan mendukung keberlanjutan operasi.
- Industri manufaktur, energi, transportasi, hingga militer telah memanfaatkan pemeliharaan prediktif dan preskriptif untuk menjaga kesiapan peralatan kritis.
- Dengan demikian, pemahaman dan kemampuan mengevaluasi penerapan strategi modern menjadi kompetensi penting bagi para praktisi pemeliharaan.

BAB III. KEGIATAN MAHASISWA

3.1 Latihan Soal

Hubungan Capaian Pembelajaran (CP) dengan Soal

Capaian Pembelajaran	Soal
1. Menjelaskan klasifikasi dan karakteristik utama berbagai jenis pemeliharaan	1-2-3
2. Menguraikan kelebihan dan kekurangan strategi pemeliharaan serta dampaknya pada biaya dan keandalan mesin	4-5-6
3. Menerapkan pilihan strategi pemeliharaan sederhana sesuai kebutuhan operasional di industri	7-8-9-10

Jawab pertanyaan di bawah ini dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat dengan cara memberikan tanda silang salah satu huruf A, B, C, atau D pada kolom jawaban.

1. Pemeliharaan yang dilakukan hanya setelah mesin mengalami kerusakan disebut ...
 - A. Preventive Maintenance
 - B. Predictive Maintenance
 - C. Corrective Maintenance
 - D. Condition-Based Maintenance
2. Pemeliharaan preventif berbasis waktu (Time-Based Maintenance) dilakukan dengan cara ...
 - A. Memperbaiki mesin setelah rusak
 - B. Melakukan perawatan berdasarkan interval waktu tertentu
 - C. Menunggu sensor mendeteksi gejala kerusakan
 - D. Memanfaatkan algoritma untuk memberi rekomendasi pemeliharaan
3. Pemeliharaan yang menggunakan sensor untuk memantau kondisi aktual mesin adalah
 - A. Preventive Maintenance
 - B. Prescriptive Maintenance
 - C. Predictive Maintenance
 - D. Condition-Based Maintenance
4. Kekurangan utama dari Corrective Maintenance adalah ...
 - A. Membutuhkan banyak sensor
 - B. Biaya perawatan lebih tinggi dan downtime tidak terencana
 - C. Harus dilakukan pada interval yang tetap
 - D. Membutuhkan analisis big data
5. Kelebihan pemeliharaan preventif (Preventive Maintenance) adalah ...
 - A. Tidak membutuhkan biaya sama sekali
 - B. Mengurangi risiko kerusakan dan memperpanjang umur mesin

- C. Hanya dilakukan ketika terjadi kerusakan mendadak
 - D. Selalu lebih murah dibanding strategi lainnya
6. Pemeliharaan prediktif (Predictive Maintenance) lebih unggul dibanding korektif karena
- A. Menunggu kerusakan baru melakukan perbaikan
 - B. Selalu lebih cepat tanpa memerlukan data
 - C. Mengurangi downtime tak terencana dengan prediksi kerusakan
 - D. Tidak membutuhkan teknologi analitik
7. Pemeliharaan preskriptif (Prescriptive Maintenance/RxM) memiliki keunikan yaitu ...
- A. Hanya memantau kondisi aset
 - B. Tidak membutuhkan algoritma kompleks
 - C. Memberikan rekomendasi tindakan spesifik dan waktu optimal
 - D. Hanya cocok untuk mesin sederhana
8. Teknologi yang mendukung pemeliharaan berbasis kondisi (CBM) adalah ...
- A. Algoritma fuzzy logic
 - B. Sensor real-time dan machine learning
 - C. Penggantian mesin secara rutin
 - D. Laporan manual operator
9. Dalam konteks Industri 4.0, pemeliharaan prediktif biasanya diterapkan dengan memanfaatkan
- A. Big data, IoT, dan algoritma deep learning
 - B. Pekerja manual untuk inspeksi rutin
 - C. Downtime terencana yang panjang
 - D. Penggantian aset setiap tahun
10. Salah satu tujuan penerapan strategi pemeliharaan modern (CBM, PdM, RxM) adalah ...
- A. Memperbanyak stok suku cadang di gudang
 - B. Menekan biaya siklus hidup aset dan meningkatkan keandalan
 - C. Mengurangi investasi teknologi digital
 - D. Menghapus kebutuhan inspeksi dan monitoring

3.2 Tugas Praktik

Kerjakan tugas praktik mengikuti ketentuan dalam lembar tugas sebagai berikut.

LEMBAR TUGAS PRAKTIK

Mata Kuliah : Praktik Pemeliharaan Preventif Lanjur (PVL102)
Modul : Pengantar Praktik Pemeliharaan Preventif Lanjut
Sub Modul : Praktik Penerapan Pilihan Strategi Pemeliharaan Sederhana
Jenis Evaluasi : Tugas Praktik (Observasi & Studi Kasus)
Jenjang : Diploma 3 (KKNI Level 5)

A. Tujuan Tugas

1. Melatih mahasiswa menerapkan konsep jenis pemeliharaan pada mesin/peralatan nyata.
2. Mengembangkan keterampilan menganalisis kasus kerusakan sederhana untuk menentukan strategi pemeliharaan yang tepat.

B. Instruksi Tugas

1. Pilih Mesin/Peralatan

Amati salah satu mesin/peralatan di bengkel atau laboratorium (contoh: mesin bubut, mesin frais, kompresor, atau pompa).

2. Identifikasi Potensi Kerusakan

Tentukan minimal 3 potensi kerusakan/masalah yang sering terjadi pada mesin tersebut.

3. Klasifikasi Jenis Pemeliharaan

Tentukan jenis pemeliharaan yang sesuai untuk tiap kerusakan (CM, PM, CBM, PdM, atau RxM).

4. Alasan Pemilihan

Jelaskan secara singkat **alasan memilih jenis pemeliharaan tersebut**, misalnya:

- CM dipilih karena sifat kerusakan mendadak dan tidak bisa diprediksi.
- PM dipilih karena perawatan rutin bisa mencegah kerusakan.
- CBM dipilih karena ada sensor getaran/suhu untuk monitoring.

Gunakan tabel seperti di bawah ini:

Komponen Mesin	Potensi Kerusakan	Jenis Pemeliharaan	Alasan Pemilihan

5. Output Laporan

Laporan maksimal 3 halaman berisi:

- Nama mesin yang diamati.
- Daftar potensi kerusakan.
- Tabel klasifikasi pemeliharaan.
- Analisis singkat alasan pemilihan strategi.

3.3 Rubrik Penilaian Praktik

Aspek yang Dinilai	Skor 4 (Sangat Baik)	Skor 3 (Baik)	Skor 2 (Cukup)	Skor 1 (Kurang)
Identifikasi kerusakan (30%)	Menyebutkan ≥ 3 kerusakan dengan jelas & tepat	Menyebutkan 3 kerusakan umum	Menyebutkan < 3 kerusakan kurang tepat	Tidak mampu mengidentifikasi kerusakan
Klasifikasi pemeliharaan (20%)	Semua kerusakan diklasifikasi benar	Sebagian besar benar	Banyak salah klasifikasi	Tidak ada klasifikasi
Alasan pemilihan strategi (30%)	Alasan logis & sesuai teori	Alasan cukup logis, sedikit kurang	Alasan lemah/tidak jelas	Tidak ada alasan
Kerapian laporan (20%)	Sistematis, rapi, mudah dibaca	Cukup rapi, ada kekurangan kecil	Kurang rapi, sulit dipahami	Tidak sesuai format

Skor Akhir = (Jumlah skor diperoleh $\div$ Skor maksimal) $\times$ 100%

DAFTAR PUSTAKA

1. Bala, A., Rashid, R. Z. J. A., Ismail, I., Oliva, D., Muhammad, N., Sait, S. M., Al-Utaibi, K. A., Amosa, T. I., & Memon, K. A. (2024). Artificial intelligence and edge computing for machine maintenance-review. *Artificial Intelligence Review*, 57(5). <https://doi.org/10.1007/s10462-024-10748-9>
2. Hamasha, M. M., Bani-Irshid, A. H., Al Mashaqbeh, S., Shwaheen, G., Al Qadri, L., Shbool, M., Muathen, D., Ababneh, M., Harfoush, S., Albedoor, Q., & Al-Bashir, A. (2023). Strategical selection of maintenance type under different conditions. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-42751-5>
3. Afolalu, S. A., Monye, S. I., Ogundipe, Adebayo. T., Azeez, T. M., & Ikumapayi, O. M. (2024). Maintenance Strategies and Procedures: an Overview. 2024 *International Conference on Science, Engineering and Business for Driving Sustainable Development Goals (SEB4SDG)*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/seb4sdg60871.2024.10630278>
4. Overview—Types of Maintenance. (2016). In *Total Productive Maintenance* (pp. 113–132). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b18641-10>
5. Waeyenbergh, G., & Pintelon, L. (2004). Maintenance concept development: A case study. *International Journal of Production Economics*, 89(3), 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.09.008>
6. Liu, C., Zhu, H., Tang, D., Nie, Q., Zhou, T., Wang, L., & Song, Y. (2022). Probing an intelligent predictive maintenance approach with deep learning and augmented reality for machine tools in IoT-enabled manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 77, 102357. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102357>
7. de Lima Munguba, C. F., de Novaes Pires Leite, G., Ochoa, A. A. V., & Lopez Droguett, E. (2023). Condition-based maintenance with reinforcement learning for refrigeration systems with selected monitored features. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 122, 106067. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106067>
8. Al Ameer, T. A., Ab Rahman, M. N., & Muhamad, N. (2023). Analysing Effective and Ineffective Impacts of Maintenance Strategies on Electric Power Plants: A Comprehensive Approach. *Energies*, 16(17), 6243. <https://doi.org/10.3390/en16176243>
9. Dietrich, S., & Kahle, W. (2018). Optimal Maintenance for System with Two Failure Types. In *Reliability Engineering* (pp. 1–16). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351130363-1>
10. Dietrich, S., & Kahle, W. (2018). Optimal Maintenance for System with Two Failure Types. In *Reliability Engineering* (pp. 1–16). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351130363-1>
11. Peng, H. (2016). Condition-Based Maintenance. In *Advances in Logistics, Operations, and Management Science* (pp. 292–320). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-9458-3.ch012>
12. Omar, I. A., Hasan, H. R., AlKhader, W., Jayaraman, R., Salah, K., & Omar, M. (2024). Blockchain-based trusted accountability in the maintenance of medical imaging equipment. *Expert Systems with Applications*, 241, 122718. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122718>
13. You, M.-Y. (2019). A generalized three-type lifetime probabilistic models-based hybrid maintenance policy with a practical switcher for time-based preventive maintenance and condition-based maintenance. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E:*

- Journal of Process Mechanical Engineering*, 233(6), 1231–1244.
<https://doi.org/10.1177/0954408919862720>
14. Bulut, M., & Özcan, E. (2024). Planning of prescriptive maintenance types for generator with fuzzy logic-based genetic algorithm in a hydroelectric power plant. *Expert Systems with Applications*, 240, 122480. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.122480>
 15. Robatto Simard, S., Gamache, M., & Doyon-Poulin, P. (2023). Current Practices for Preventive Maintenance and Expectations for Predictive Maintenance in East-Canadian Mines. *Mining*, 3(1), 26–53. <https://doi.org/10.3390/mining3010002>
 16. Shafiee, M., & Chukova, S. (2013). Maintenance models in warranty: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 229(3), 561–572. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.017>
 17. Veldman, J., Wortmann, H., & Klingenberg, W. (2011). Typology of condition based maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(2), 183–202. <https://doi.org/10.1108/13552511111134600>
 18. Dalzochio, J., Kunst, R., Barbosa, J. L. V., Neto, P. C. da S., Pignaton, E., ten Caten, C. S., & da Penha, A. de L. T. (2023). Predictive Maintenance in the Military Domain: A Systematic Review of the Literature. *ACM Computing Surveys*, 55(13s), 1–30. <https://doi.org/10.1145/3586100>
 19. Wadel, F., Houssin, R., Coulibaly, A., & Tighazoui, A. (2024). Analysis of models for IoT-driven predictive maintenance under constraints in the case of the biopharmaceutical industry. *Journal of Intelligent Manufacturing*. <https://doi.org/10.1007/s10845-024-02542-9>
 20. Robatto Simard, S., Gamache, M., & Doyon-Poulin, P. (2024). Development and Usability Evaluation of VulcanH, a CMMS Prototype for Preventive and Predictive Maintenance of Mobile Mining Equipment. *Mining*, 4(2), 326–351. <https://doi.org/10.3390/mining4020019>
 21. Montero Jimenez, J. J., Schwartz, S., Vingerhoeds, R., Grabot, B., & Salaün, M. (2020). Towards multi-model approaches to predictive maintenance: A systematic literature survey on diagnostics and prognostics. *Journal of Manufacturing Systems*, 56, 539–557. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2020.07.008>
 22. Jeon, C.-H., Shim, C.-S., Lee, Y.-H., & Schooling, J. (2024). Prescriptive maintenance of prestressed concrete bridges considering digital twin and key performance indicator. *Engineering Structures*, 302, 117383. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2023.117383>
 23. Zhang, Z., & Yang, L. (2021). State-Based Opportunistic Maintenance With Multifunctional Maintenance Windows. *IEEE Transactions on Reliability*, 70(4), 1481–1494. <https://doi.org/10.1109/tr.2020.2995277>
 24. Xia, T., Cao, L., Xu, Y., Zhang, K., Chen, Z., Pan, E., & Xi, L. (2024). Multi-level maintenance and inventory joint optimization for a k-out-of-n hyper-system considering the selection of suppliers with incentive discount policies. *Reliability Engineering & System Safety*, 241, 109700. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2023.109700>
 25. Chen, L., Cheng, C., Dui, H., & Xing, L. (2022). Maintenance cost-based importance analysis under different maintenance strategies. *Reliability Engineering & System Safety*, 222, 108435. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2022.108435>

Lampiran 1. Lembar Jawaban Latihan Soal

- | | |
|----|-----|
| 1. | 6. |
| 2. | 7. |
| 3. | 8. |
| 4. | 9. |
| 5. | 10. |

Lampiran II. Template Laporan Tugas Praktik

LAPORAN PRAKTIK

Mata Kuliah : Praktik Pemeliharaan Preventif Lanjut (PVL102)
Modul : Pengantar Pemeliharaan Preventif Lanjut
Sub Modul : Praktik Penerapan pilihan strategi pemeliharaan sederhana

Identitas Mahasiswa

- Nama :
- NIM :
- Mesin yang diamati :

1. Pendahuluan

Tuliskan latar belakang singkat pentingnya memilih strategi pemeliharaan yang tepat untuk menjaga keandalan mesin dan mengurangi downtime.

2. Identifikasi Potensi Kerusakan

Tuliskan minimal 3 potensi kerusakan yang mungkin terjadi pada mesin yang diamati.

3. Klasifikasi Jenis Pemeliharaan

Isi tabel berikut dengan hasil analisis klasifikasi jenis pemeliharaan:

Komponen Mesin	Potensi Kerusakan	Jenis Pemeliharaan	Alasan Pemilihan

4. Analisis

Jelaskan alasan umum pemilihan strategi pemeliharaan untuk mesin yang diamati, misalnya mengapa preventive maintenance lebih tepat untuk komponen tertentu dibanding corrective maintenance.

5. Kesimpulan

Tuliskan ringkasan hasil praktik dalam 1–2 paragraf yang menjelaskan pentingnya pemilihan strategi pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi mesin.

Lampiran III. Contoh Laporan Praktik

LAPORAN PRAKTIK

Mata Kuliah : Praktik Pemeliharaan Preventif Lanjut (PVL102)
Modul : Pengantar Pemeliharaan Preventif Lanjut
Sub Modul : Praktik Penerapan Pilihan Strategi Pemeliharaan Sederhana

Identitas Mahasiswa

- Nama : Andi Kurniawan
- NIM : A123456
- Mesin yang diamati : Kompresor

1. Pendahuluan

Kompresor udara merupakan salah satu peralatan penting di bengkel untuk mendukung proses pembersihan, pengoperasian mesin pneumatik, dan peralatan lain. Agar tetap berfungsi dengan baik, kompresor memerlukan pemeliharaan rutin. Berdasarkan pengamatan, terdapat beberapa potensi kerusakan yang dapat terjadi dan membutuhkan strategi pemeliharaan yang sesuai.

2. Identifikasi Potensi Kerusakan

Berdasarkan observasi dan pengalaman penggunaan, potensi kerusakan pada kompresor udara adalah:

- 1) **Filter udara tersumbat** → menyebabkan aliran udara berkurang.
- 2) **Belt penggerak longgar/aus** → menyebabkan putaran tidak stabil.
- 3) **Motor listrik overheating** → karena ventilasi tertutup atau beban berlebih.

3. Klasifikasi Jenis Pemeliharaan

Berikut klasifikasi strategi pemeliharaan yang sesuai:

Komponen Mesin	Potensi Kerusakan	Jenis Pemeliharaan	Alasan Pemilihan
Filter Udara	Tersumbat/kotor	Preventive Maintenance (PM)	Pembersihan rutin dapat mencegah kerusakan lebih lanjut.
Belt Penggerak	Longgar/aus	Corrective Maintenance (CM)	Perbaikan/penggantian dilakukan setelah terlihat kerusakan sederhana.
Motor Listrik	Overheating	Condition-Based Maintenance (CBM)	Suhu motor bisa dipantau dengan sensor untuk menentukan waktu perawatan.

4. Analisis

Pemeliharaan preventif dipilih untuk filter udara karena sifat kerusakannya dapat dicegah dengan perawatan rutin. *Corrective maintenance* sesuai untuk belt penggerak yang mudah diganti bila rusak. Sedangkan motor listrik lebih tepat menggunakan CBM karena *overheating* dapat dipantau dengan sensor suhu sehingga kerusakan besar dapat dihindari.

5. Kesimpulan

Jenis pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi kerusakan pada kompresor udara berbeda-beda. Preventive maintenance tepat untuk mencegah masalah ringan (filter udara), corrective maintenance sesuai untuk komponen sederhana (belt), dan CBM lebih efektif untuk komponen kritis (motor listrik). Hal ini menunjukkan pentingnya memilih strategi pemeliharaan yang sesuai dengan kondisi mesin agar operasi bengkel tetap berjalan optimal.

