



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 4 No. 4 (2026) pp: 12040-12047

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Tinjauan Literatur Mengenai Maintenance dan Reliability Dalam Manajemen Operasional

Lulu Aulia, Khoerunnisa Abdurahman, Siti Saripah, Zainab Gunawan, Dewi Lestari, Hindi Yositamibar

Program Studi Manajemen, Fakultas Ekonomi dan Bisnis, Universitas Islam Dr. KHEZ Muttaqien

luluauliaa01@gmail.com, 2khoerunnisaab21@gmail.com, 3ssaripah705@gmail.com, 4@zainabgunawan83@gmail.com, 5dewilestarisetiawati61@gmail.com,

6Hindivositamibar13022005@gmail.com

Abstrak

Pemeliharaan (maintenance) dan keandalan (reliability) merupakan komponen penting dalam manajemen operasional karena berpengaruh langsung terhadap kelancaran proses produksi, stabilitas sistem, serta efisiensi biaya perusahaan. Pengelolaan pemeliharaan yang tidak tepat dapat memicu peningkatan frekuensi kerusakan mesin, bertambahnya waktu henti produksi, serta membengkaknya biaya operasional. Oleh karena itu, perusahaan dituntut untuk menerapkan sistem pemeliharaan yang terencana dan berbasis keandalan guna menjaga kontinuitas operasional. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji konsep maintenance dan reliability dalam sistem operasi serta menganalisis perannya dalam meningkatkan efisiensi operasional perusahaan. Metode yang digunakan adalah studi literatur dengan menelaah buku teks manajemen operasi dan artikel ilmiah yang relevan, khususnya yang membahas strategi pemeliharaan, analisis keandalan sistem, serta pendekatan Total Productive Maintenance (TPM). Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan strategi pemeliharaan yang terencana, seperti preventive maintenance dan predictive maintenance, mampu meningkatkan tingkat keandalan peralatan, memperpanjang umur pakai aset, serta mengurangi risiko kegagalan operasional yang tidak terduga. Selain itu, penerapan konsep TPM yang melibatkan partisipasi seluruh elemen organisasi berkontribusi dalam meningkatkan efektivitas penggunaan peralatan, menekan downtime, dan menjaga stabilitas proses produksi. Kajian ini menyimpulkan bahwa integrasi antara perencanaan pemeliharaan yang sistematis dan analisis reliability merupakan faktor kunci dalam meningkatkan efisiensi operasional, menjaga keberlangsungan produksi, serta mengendalikan biaya operasional secara berkelanjutan. Dengan pengelolaan pemeliharaan yang efektif dan berbasis keandalan, perusahaan dapat meningkatkan daya saing, mengoptimalkan kinerja aset, dan mendukung pencapaian tujuan operasional maupun strategis jangka panjang.

Kata kunci: Maintenance, Reliability, Preventive Maintenance, TPM, Efisiensi Operasional

1. Latar Belakang

Dalam aktivitas operasional suatu perusahaan, kesiapan peralatan produksi memegang peranan yang sangat penting. Gangguan kecil pada mesin sering kali menimbulkan rangkaian masalah yang berujung pada berhentinya proses produksi, meningkatnya biaya perbaikan, hingga turunnya kualitas output. Karena itu, perusahaan membutuhkan sistem pemeliharaan yang mampu menjaga keandalan peralatan secara konsisten. Heizer dan Render (2017) menjelaskan bahwa keberhasilan operasi sangat dipengaruhi oleh sejauh mana perusahaan mampu merancang strategi pemeliharaan yang selaras dengan tujuan efisiensi biaya dan keberlangsungan aktivitas produksi.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya celah kajian yang perlu diisi, yaitu perlunya telaah literatur yang mampu merangkum konsep-konsep utama related maintenance dan reliability secara terstruktur. Hingga saat ini, pembahasan mengenai strategi pemeliharaan dan analisis keandalan sering kali dipisahkan menjadi topik yang berdiri sendiri, padahal keduanya saling berkaitan dalam menentukan efektivitas sistem produksi. Selain itu, integrasi antara prinsip pemeliharaan, keandalan, dan efektivitas kerja melalui pendekatan seperti TPM jarang dibahas secara komprehensif pada kajian literatur.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini disusun untuk memberikan analisis literatur mengenai konsep maintenance dan reliability sebagaimana dibahas dalam buku Operations Management karya Heizer dan Render. Tujuan utama kajian ini adalah menyajikan pemahaman menyeluruh mengenai hubungan kedua konsep tersebut serta relevansinya terhadap efisiensi operasional. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar teoretis bagi pengembangan strategi pemeliharaan yang lebih efektif di lingkungan industri.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur sistematis dengan sumber utama buku Operations Management oleh Heizer dan Render (2017), serta beberapa artikel ilmiah pendukung. Pemilihan literatur dilakukan berdasarkan kesesuaian topik, relevansi konsep, dan kredibilitas publikasi. Proses penelitian dilakukan melalui tiga tahap: (1) identifikasi kata kunci terkait maintenance, reliability, dan TPM; (2) seleksi literatur yang memenuhi kriteria inklusi; dan (3) ekstraksi informasi menggunakan analisis konten tematik untuk mengelompokkan temuan ke dalam tema utama. Karena penelitian ini bersifat non-eksperimental, tidak digunakan ukuran, volume, atau tahap replikasi sebagaimana pada penelitian laboratorium.

3. Hasil dan Diskusi

Bab ini menyajikan hasil kajian literatur mengenai konsep pemeliharaan (maintenance) dan keandalan (reliability) dalam manajemen operasional. Penelaahan dilakukan dengan memusatkan perhatian pada teori dasar yang dikemukakan dalam literatur terkait serta implikasinya terhadap efektivitas sistem produksi. Hasil kajian disusun ke dalam beberapa tema utama, yaitu konsep dasar pemeliharaan dan keandalan, strategi pemeliharaan, prinsip keandalan dalam sistem operasi, indikator performa seperti MTBF dan MTTR, pendekatan Total Productive Maintenance (TPM), serta hubungan antara pemeliharaan, keandalan, dan efisiensi operasional. Penyajian hasil bersifat deskriptif untuk menggambarkan temuan literatur, sedangkan bagian diskusi berfokus pada interpretasi konsep, hubungan sebab-akibat, dan relevansinya bagi pengelolaan operasi.

3.1. Konsep Dasar Maintenance dan Realibility

Pemeliharaan (maintenance) merupakan komponen fundamental dalam manajemen operasi karena berperan langsung dalam menjamin kelangsungan dan kestabilan proses produksi. Heizer menjelaskan bahwa maintenance mencakup seluruh aktivitas yang dirancang untuk mempertahankan mesin dan peralatan agar tetap berada pada kondisi kerja yang diharapkan, sehingga gangguan operasional dapat diminimalkan. Pemeliharaan tidak hanya berfokus pada perbaikan ketika terjadi kerusakan, tetapi juga mencakup tindakan pencegahan yang bertujuan mengurangi downtime, memperpanjang umur teknis mesin, serta meningkatkan konsistensi kinerja sistem produksi. Pandangan ini sejalan dengan Corder yang menyatakan bahwa perawatan merupakan serangkaian tindakan sistematis untuk menjaga atau mengembalikan kondisi aset agar tetap berada pada tingkat kinerja yang dapat diterima. Assauri juga menegaskan bahwa aktivitas pemeliharaan meliputi pemeliharaan rutin, perbaikan, dan penggantian komponen guna memastikan fasilitas produksi mampu beroperasi sesuai dengan rencana perusahaan.

Dalam perspektif manajemen operasional modern, maintenance tidak lagi dipandang semata sebagai aktivitas teknis, melainkan telah berkembang menjadi fungsi strategis yang berpengaruh terhadap kinerja organisasi secara keseluruhan. Tsang menekankan bahwa keputusan pemeliharaan memiliki implikasi jangka panjang terhadap biaya operasional, tingkat keandalan sistem, serta daya saing perusahaan. Garg dan Deshmukh turut menegaskan bahwa sistem pemeliharaan yang terintegrasi mampu menurunkan total biaya kepemilikan aset melalui pengurangan downtime, peningkatan kualitas produk, serta perbaikan aspek keselamatan kerja. Dengan demikian, efektivitas pemeliharaan menjadi faktor kunci dalam mencapai efisiensi dan keberlanjutan operasi perusahaan.

Konsep reliability (keandalan) memiliki keterkaitan yang erat dengan pemeliharaan. Heizer mendefinisikan reliability sebagai probabilitas suatu mesin atau komponen dapat menjalankan fungsinya tanpa mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu. Semakin tinggi tingkat keandalan suatu sistem, semakin kecil kemungkinan terjadinya kerusakan mendadak yang dapat mengganggu proses produksi. Smith dan Hinchcliffe menekankan bahwa reliability tidak hanya mencerminkan karakteristik teknis peralatan, tetapi juga menunjukkan keselarasan antara desain mesin, pola penggunaan, dan strategi pemeliharaan yang diterapkan. Oleh karena itu, reliability dapat dijadikan indikator keberhasilan sistem pemeliharaan secara keseluruhan.

Berbagai kajian pustaka juga menegaskan bahwa pengukuran reliability harus dilakukan secara objektif dengan memperhatikan definisi kegagalan yang jelas, satuan waktu yang relevan, serta kondisi operasi normal dari komponen yang diamati. Hal ini penting agar data keandalan yang dihasilkan dapat menjadi dasar yang akurat dalam pengambilan keputusan pemeliharaan. Pendekatan seperti Reliability Centered Maintenance (RCM) menjadi relevan karena menekankan pemeliharaan yang berorientasi pada fungsi aset dan risiko kegagalan yang mungkin terjadi.

Berdasarkan integrasi antara perspektif teoritis Heizer dan temuan dalam literatur terkait, dapat disimpulkan bahwa konsep dasar maintenance dan reliability menekankan pentingnya sistem pemeliharaan yang terstruktur, proaktif, dan berbasis analisis keandalan. Pendekatan ini tidak hanya menjaga performa mesin, tetapi juga berkontribusi secara langsung terhadap kualitas produksi, efisiensi biaya, serta efektivitas operasional perusahaan.

3.2. Tipe dan Strategi Pemeliharaan

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa strategi pemeliharaan memiliki peran yang sangat menentukan terhadap stabilitas operasional dan kinerja jangka panjang suatu fasilitas produksi. Dalam literatur manajemen operasi, strategi pemeliharaan umumnya diklasifikasikan ke dalam tiga pendekatan utama, yaitu corrective maintenance, preventive maintenance, dan predictive maintenance. Ketiga pendekatan tersebut memiliki karakteristik dan kontribusi yang berbeda dalam mengendalikan gangguan operasional, memperpanjang umur teknis komponen, serta mengoptimalkan biaya pemeliharaan.

Corrective maintenance merupakan tindakan perbaikan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada mesin atau peralatan. Strategi ini umumnya diterapkan pada lingkungan produksi dengan tingkat risiko kegagalan yang relatif rendah atau ketika dampak downtime masih dapat ditoleransi. Namun demikian, berbagai kajian menunjukkan bahwa pendekatan ini memiliki kelemahan utama berupa ketidakpastian waktu kerusakan dan potensi gangguan operasional yang bersifat tidak terencana. Dalam konteks operasional modern, corrective maintenance cenderung dianggap kurang efisien karena dapat menurunkan tingkat ketersediaan mesin serta mengganggu pencapaian target produksi. Oleh karena itu, strategi ini lebih sering digunakan sebagai pelengkap ketika kegagalan tidak dapat diprediksi melalui analisis sebelumnya.

Sebagai pendekatan yang lebih terencana, preventive maintenance dilakukan sebelum terjadinya kerusakan melalui inspeksi berkala, pembersihan, penyetelan, serta penggantian komponen berdasarkan interval waktu tertentu. Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa penerapan preventive maintenance mampu memperpanjang interval kegagalan dan menurunkan frekuensi kerusakan signifikan. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan mengurangi downtime tidak terencana karena potensi kerusakan dapat diidentifikasi lebih awal. Namun, penggunaan jadwal berbasis waktu memiliki keterbatasan karena tidak selalu mencerminkan kondisi aktual komponen, sehingga berpotensi menimbulkan penggantian yang terlalu dini atau justru terlambat apabila tidak didukung oleh informasi kondisi yang memadai.

Perkembangan teknologi dan meningkatnya ketersediaan data operasional mendorong penerapan predictive maintenance sebagai strategi pemeliharaan yang berbasis kondisi. Jardine et al. (2006) menjelaskan bahwa condition-based maintenance memungkinkan tindakan pemeliharaan dilakukan berdasarkan kondisi aktual mesin, sehingga lebih efektif dalam mencegah kegagalan tanpa melakukan penggantian komponen secara prematur. Teknik seperti analisis getaran, pemantauan suhu, dan oil analysis memungkinkan perusahaan memprediksi waktu kegagalan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi. Strategi ini berkontribusi langsung terhadap peningkatan availability dan reliability sistem, serta pengendalian biaya pemeliharaan jangka panjang. Meskipun demikian, penerapannya memerlukan investasi awal yang signifikan pada teknologi pemantauan dan kompetensi sumber daya manusia.

Lebih lanjut, Garg dan Deshmukh (2006) menegaskan bahwa pemilihan strategi pemeliharaan harus disesuaikan dengan tingkat kriticalitas aset dan konsekuensi kegagalannya terhadap operasi perusahaan. Mesin dengan tingkat risiko kegagalan tinggi memerlukan pendekatan prediktif yang lebih intensif, sedangkan aset dengan dampak kegagalan yang lebih rendah dapat dikelola melalui kombinasi preventive dan corrective maintenance. Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa integrasi preventive maintenance dan predictive maintenance merupakan strategi yang paling efektif dalam mencapai stabilitas operasional dan efisiensi biaya, karena mampu menggabungkan keteraturan pemeliharaan dengan pengambilan keputusan berbasis data.

3.3. Reliability Dalam Sistem Operasi

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa keandalan (reliability) merupakan elemen fundamental yang menentukan kestabilan dan keberhasilan proses produksi dalam suatu sistem operasi. Reliability menggambarkan probabilitas suatu komponen atau mesin dapat menjalankan fungsinya tanpa mengalami kegagalan dalam periode waktu tertentu. Dalam perspektif manajemen operasi, reliability tidak hanya dipandang sebagai karakteristik teknis peralatan, tetapi juga sebagai indikator langsung dari efektivitas strategi pemeliharaan yang diterapkan. Tingkat

reliability yang tinggi memungkinkan perusahaan menjaga kelancaran aliran produksi, mengurangi downtime, serta meningkatkan kontinuitas proses secara keseluruhan.

Reliability suatu sistem dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain desain mesin, kualitas komponen, kondisi lingkungan operasional, serta intensitas beban kerja. Mesin yang dirancang dengan standar presisi dan material berkualitas cenderung memiliki tingkat keandalan yang lebih baik. Namun demikian, reliability tidak bersifat statis dan akan mengalami penurunan seiring waktu akibat keausan, getaran, fluktuasi temperatur, serta kondisi operasi yang tidak stabil. Oleh karena itu, reliability perlu dipantau dan dianalisis secara berkelanjutan agar perusahaan dapat mengidentifikasi titik kritis yang berpotensi menimbulkan kegagalan.

Dalam kerangka teori manajemen operasi, pola kegagalan komponen menjadi dasar penting dalam analisis reliability. Konsep kurva bathtub menjelaskan bahwa mesin mengalami tiga fase utama, yaitu kegagalan awal, kegagalan acak, dan kegagalan akibat keausan. Pemahaman terhadap ketiga fase tersebut memberikan dasar bagi perusahaan dalam menentukan waktu dan jenis pemeliharaan yang paling tepat. Analisis pola kegagalan ini berkontribusi signifikan dalam meningkatkan keandalan operasional dan mengurangi risiko kegagalan mendadak.

Hubungan antara reliability dan strategi pemeliharaan juga menjadi fokus utama dalam berbagai kajian literatur. Preventive maintenance berperan dalam mempertahankan reliability melalui tindakan terjadwal seperti inspeksi, pembersihan, dan penggantian komponen sebelum terjadi kegagalan. Sementara itu, predictive maintenance memberikan nilai tambah dengan memanfaatkan data kondisi mesin, seperti getaran, temperatur, dan pelumasan, untuk memperkirakan potensi kegagalan secara lebih akurat. Pendekatan ini memungkinkan perusahaan mengendalikan interval kegagalan dan meningkatkan reliability secara berkelanjutan.

Reliability juga memiliki keterkaitan erat dengan indikator kinerja seperti Mean Time Between Failure (MTBF). MTBF menggambarkan interval rata-rata antara satu kegagalan dengan kegagalan berikutnya, sehingga peningkatan nilai MTBF mencerminkan peningkatan reliability mesin. Selain itu, reliability berpengaruh langsung terhadap tingkat availability, yang merupakan kombinasi antara reliability dan maintainability. Availability yang tinggi hanya dapat dicapai apabila sistem memiliki interval kegagalan yang panjang dan waktu perbaikan yang relatif singkat.

Dalam sistem produksi modern, reliability juga memiliki implikasi strategis terhadap keselamatan kerja dan kualitas produk. Moubray menegaskan bahwa kegagalan peralatan tidak hanya mengganggu proses produksi, tetapi juga meningkatkan risiko kecelakaan kerja serta potensi cacat produk. Smith dan Hinchcliffe menambahkan bahwa reliability yang tinggi menciptakan stabilitas proses sehingga variabilitas output dapat ditekan dan standar kualitas lebih mudah dipertahankan. Selain itu, reliability menjadi dasar dalam pengambilan keputusan strategis, seperti perencanaan kapasitas, pengelolaan persediaan suku cadang, serta evaluasi efektivitas sistem pemeliharaan.

Secara keseluruhan, hasil analisis menunjukkan bahwa reliability merupakan dimensi krusial dalam sistem operasi karena memengaruhi efisiensi, kapasitas, kualitas, biaya, dan keselamatan. Reliability perlu dipandang sebagai indikator kinerja strategis yang mencerminkan keberhasilan manajemen pemeliharaan dan kualitas pengelolaan operasional secara menyeluruh. Dengan demikian, perusahaan dapat merancang sistem pemeliharaan yang lebih responsif, meningkatkan stabilitas proses produksi, serta mencapai keunggulan operasional yang berkelanjutan.

3.4. MTBF dan MTTR

Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR) merupakan dua parameter penting yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja sistem pemeliharaan dalam suatu fasilitas produksi. MTBF menggambarkan rata-rata interval waktu antar terjadinya kegagalan mesin, sedangkan MTTR menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan hingga mesin kembali beroperasi normal. Dalam perspektif manajemen operasi, kedua indikator ini berfungsi sebagai dasar dalam menilai tingkat keandalan mesin, efektivitas kegiatan pemeliharaan, serta kemampuan organisasi dalam merespons gangguan operasional.

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa MTBF mencerminkan stabilitas kinerja mesin selama periode operasi tertentu. Semakin tinggi nilai MTBF, semakin jarang kegagalan yang terjadi, sehingga proses produksi dapat berjalan lebih kontinu. Sebaliknya, MTTR berhubungan langsung dengan efisiensi proses perbaikan dan kesiapan sumber daya pemeliharaan. MTTR yang rendah menunjukkan bahwa tim pemeliharaan mampu menangani

gangguan secara cepat dan terkoordinasi. Kombinasi antara MTBF yang tinggi dan MTTR yang rendah menjadi prasyarat utama dalam mencapai tingkat ketersediaan mesin yang optimal.

Analisis terhadap studi-studi empiris dalam literatur menunjukkan bahwa pola MTBF dan MTTR sangat dipengaruhi oleh karakteristik komponen, intensitas pemakaian, serta beban kerja mesin. Komponen dengan tingkat keausan tinggi cenderung memiliki MTBF yang lebih pendek, sementara efektivitas prosedur perawatan menentukan lamanya MTTR. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan keandalan mesin tidak hanya bergantung pada desain teknis, tetapi juga pada kualitas sistem pemeliharaan yang diterapkan. Oleh karena itu, perusahaan perlu memfokuskan perhatian tidak hanya pada pengurangan frekuensi kegagalan, tetapi juga pada percepatan proses pemulihan ketika gangguan terjadi.

Literatur manajemen pemeliharaan juga menegaskan bahwa MTBF dan MTTR memiliki keterkaitan erat dengan penerapan strategi pemeliharaan preventif, prediktif, dan Total Productive Maintenance (TPM). Pendekatan preventif mampu memperpanjang interval antar kegagalan melalui inspeksi dan perawatan terjadwal, sementara pemeliharaan prediktif memungkinkan identifikasi dini terhadap potensi kerusakan berdasarkan kondisi aktual mesin. Di sisi lain, penerapan TPM mendorong keterlibatan operator dalam kegiatan pemeliharaan dasar, sehingga potensi kegagalan dapat diminimalkan dan waktu perbaikan dapat dipersingkat.

Hubungan antara MTBF dan MTTR juga berimplikasi langsung terhadap pengukuran efektivitas peralatan secara keseluruhan. Tingkat ketersediaan mesin sangat dipengaruhi oleh kedua parameter tersebut, di mana interval kerusakan yang panjang dan waktu perbaikan yang singkat akan meningkatkan performa operasional. Temuan dalam literatur menunjukkan bahwa perencanaan pemeliharaan berbasis data historis MTBF dan MTTR memungkinkan perusahaan mengoptimalkan jadwal perawatan, mengurangi waktu idle, serta meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya.

Secara keseluruhan, MTBF dan MTTR tidak hanya berfungsi sebagai indikator teknis, tetapi juga sebagai alat manajerial yang mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis data. Pemantauan dan analisis kedua parameter ini secara berkelanjutan memungkinkan perusahaan mengidentifikasi area kritis dalam sistem pemeliharaan, meningkatkan keandalan mesin, serta menjaga stabilitas dan keberlanjutan proses produksi. 3.5. Total Productive Maintenance

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa Total Productive Maintenance (TPM) merupakan pendekatan pemeliharaan yang menekankan keterlibatan seluruh karyawan dalam menjaga keandalan dan efektivitas mesin. TPM dipandang sebagai filosofi perawatan menyeluruh yang bertujuan memaksimalkan efektivitas peralatan melalui pencegahan kerusakan, peningkatan disiplin operasional, serta penguatan budaya kerja yang proaktif. Dalam konteks manajemen operasi, TPM dianggap sebagai strategi modern yang mampu mengintegrasikan aktivitas pemeliharaan ke dalam alur kerja harian operator, sehingga perawatan bukan hanya tanggung jawab teknisi, tetapi juga bagian dari rutinitas produksi.

Berdasarkan telaah terhadap artikel internasional periode 2010–2021, implementasi TPM terbukti meningkatkan Overall Equipment Effectiveness (OEE) secara signifikan, dengan rentang peningkatan 5% hingga 33,3%. Angka ini menunjukkan bahwa TPM tidak hanya meningkatkan efektivitas mesin secara langsung, tetapi juga menciptakan stabilitas operasional yang lebih tinggi melalui pengurangan waktu henti. Hasil kajian menunjukkan bahwa pilar perencanaan pemeliharaan dan perbaikan khusus berkontribusi pada peningkatan Mean Time Between Failure (MTBF) dan penurunan waktu tunggu antar kegagalan hingga 15%. Artinya, mesin mampu beroperasi lebih lama tanpa mengalami gangguan, sekaligus memperpendek durasi waktu idle yang menjadi salah satu penyebab utama hilangnya kapasitas produksi.

Temuan literatur lebih lanjut mengonfirmasi bahwa TPM berperan penting dalam mengurangi six big losses, yaitu enam sumber utama kerugian operasional: kegagalan peralatan, setup dan penyesuaian, idling dan minor stops, reduced speed, cacat kualitas, serta losses pada startup awal. Analisis 25 studi menunjukkan bahwa pengurangan keenam kerugian ini secara langsung berkontribusi pada peningkatan produktivitas operator dan stabilitas kualitas produk. Salah satu pilar penting dalam TPM adalah autonomous maintenance, di mana operator dilatih untuk melakukan perawatan dasar seperti pembersihan, pelumasan, inspeksi visual, dan identifikasi dini terhadap tanda-tanda kerusakan. Hasil pembahasan menunjukkan bahwa pendekatan ini meningkatkan sense of ownership operator terhadap kondisi mesin, sehingga mendukung deteksi kegagalan lebih cepat dan mengurangi ketergantungan terhadap teknisi untuk masalah ringan.

Selain peningkatan OEE, kajian literatur menunjukkan bahwa TPM memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi operasional, terutama dalam penurunan biaya produksi, pengurangan inventory pengaman, dan minimisasi aktivitas rework. Penelitian yang menganalisis sektor industri seperti pertahanan, manufaktur berat, dan perkapalan menunjukkan bahwa TPM dapat mengurangi biaya perawatan hingga dua digit persentase, sekaligus meningkatkan presisi pengiriman dan output produksi. Temuan tersebut relevan bagi perusahaan dengan struktur proses yang kompleks, seperti PT Pindad dan PT PAL, yang membutuhkan stabilitas operasional dan kualitas tinggi pada setiap tahap produksi.

Literatur sintesis juga menekankan pentingnya pilar quality maintenance dalam mendukung TPM. Pilar ini memastikan bahwa mesin mampu menghasilkan produk dengan zero defect melalui pelaksanaan inspeksi menyeluruh dan stabilitas kondisi proses. Pembahasan mendalam menunjukkan bahwa pendekatan ini meningkatkan tingkat reliability mesin dan menjaga konsistensi kualitas produk. Selain itu, beberapa studi mengidentifikasi bahwa simulasi proses dan digitalisasi perawatan mampu meningkatkan tingkat availability hingga 90%. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dengan TPM dapat memberikan nilai tambah yang signifikan dalam meningkatkan efektivitas pemeliharaan.

Berdasarkan interpretasi hasil kajian, TPM juga memiliki implikasi yang lebih luas terhadap budaya organisasi. Penerapan TPM mendorong terciptanya pola kerja kolaboratif, disiplin operasional yang tinggi, serta budaya continuous improvement (kaizen) yang konsisten. Temuan literatur menunjukkan bahwa organisasi yang menerapkan TPM secara penuh cenderung memiliki tingkat keterlibatan karyawan lebih tinggi dan tingkat rotasi lebih rendah. Dalam pembahasan ini, peran pelatihan menjadi sangat krusial karena keterampilan operator menentukan efektivitas pilar autonomous maintenance dan inspection-based prevention.

Namun, kajian literatur juga mencatat beberapa keterbatasan penerapan TPM. Implementasi awal sering membutuhkan waktu panjang dan biaya pelatihan yang tidak sedikit. Selain itu, perusahaan dengan tingkat otomatisasi rendah atau budaya kerja yang belum matang mungkin mengalami hambatan dalam mencapai keberhasilan penuh. Meski demikian, pembahasan menunjukkan bahwa manfaat jangka panjang TPM jauh lebih besar dibandingkan biaya implementasinya, terutama dalam menciptakan sistem operasi yang efisien, andal, dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, hasil analisis dan pembahasan menunjukkan bahwa TPM merupakan strategi pemeliharaan komprehensif yang tidak hanya meningkatkan reliability dan efektivitas mesin, tetapi juga mendukung efisiensi operasional dan transformasi budaya organisasi. Dengan hasil empiris yang konsisten menunjukkan peningkatan OEE, pengurangan six big losses, dan pengendalian biaya, TPM dapat dianggap sebagai fondasi penting dalam memaksimalkan kinerja operasional di berbagai sektor industri.

3.6. Hubungan Maintenance, Realibility, dan Efisiensi Operasional

Efisiensi operasional merupakan indikator kinerja yang mencerminkan kemampuan organisasi dalam menghasilkan output secara optimal dengan pemanfaatan sumber daya yang efektif, pengurangan pemborosan, serta konsistensi kualitas produksi. Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa efisiensi operasional tidak hanya ditentukan oleh pengendalian biaya atau perbaikan alur proses, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh kondisi mesin, tingkat keandalan peralatan, dan efektivitas sistem pemeliharaan yang diterapkan. Berbagai pendekatan manajemen operasi modern, seperti lean manufacturing, kaizen, dan Total Productive Maintenance (TPM), menempatkan pemeliharaan aset sebagai elemen kunci dalam mendukung stabilitas dan produktivitas proses produksi.

Dalam perspektif manajemen operasi, maintenance berperan penting dalam menjaga ketersediaan dan performa mesin agar tetap berada pada kondisi kerja yang diharapkan. Pemeliharaan yang dilakukan secara terencana, baik melalui preventive maupun predictive maintenance, mampu menekan terjadinya kerusakan mendadak dan memperpanjang umur peralatan. Kondisi ini berhubungan langsung dengan reliability, yaitu kemampuan mesin untuk beroperasi tanpa kegagalan dalam jangka waktu tertentu. Tingkat reliability yang tinggi menunjukkan bahwa mesin memiliki probabilitas kegagalan yang rendah, sehingga proses produksi dapat berlangsung lebih stabil dan terkontrol.

Hubungan antara maintenance dan reliability tercermin melalui indikator operasional seperti Mean Time Between Failure (MTBF) dan Mean Time To Repair (MTTR). Penerapan strategi pemeliharaan yang efektif akan

meningkatkan nilai MTBF, yang menandakan interval kerusakan semakin panjang, serta menurunkan MTTR yang menunjukkan kecepatan perbaikan yang lebih baik. Kombinasi dari reliability yang tinggi dan proses perbaikan yang efisien akan meningkatkan availability mesin. Availability yang optimal kemudian menjadi faktor penentu dalam pencapaian Overall Equipment Effectiveness (OEE), yang banyak digunakan sebagai tolok ukur efisiensi operasional dalam sistem produksi.

Literatur empiris menunjukkan bahwa peningkatan OEE ke tingkat optimal hanya dapat dicapai apabila downtime dapat ditekan dan performa mesin berada pada kondisi yang stabil. Implementasi pemeliharaan berbasis data, keterlibatan operator dalam kegiatan inspeksi rutin, serta peningkatan kompetensi sumber daya manusia terbukti mampu menurunkan frekuensi kegagalan mesin dan meminimalkan kebutuhan perbaikan darurat. Dengan demikian, pemeliharaan tidak lagi dipandang sebagai aktivitas pendukung, melainkan sebagai fungsi strategis yang berkontribusi langsung terhadap produktivitas dan efisiensi biaya operasional.

Hubungan antara maintenance, reliability, dan efisiensi operasional juga bersifat saling memengaruhi. Sistem pemeliharaan yang baik meningkatkan keandalan mesin, yang pada gilirannya menciptakan proses produksi yang lebih stabil dan efisien. Stabilitas tersebut memberikan ruang bagi manajemen untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya, mengurangi variabilitas proses, serta meningkatkan kualitas output. Sebaliknya, pengabaian terhadap pemeliharaan akan menurunkan reliability, memperpendek interval kegagalan, meningkatkan downtime, dan pada akhirnya menghambat pencapaian efisiensi operasional.

Secara keseluruhan, hasil kajian menunjukkan bahwa efisiensi operasional yang berkelanjutan hanya dapat dicapai melalui integrasi antara sistem maintenance yang terstruktur dan tingkat reliability mesin yang tinggi. Ketiga aspek tersebut membentuk fondasi utama dalam menciptakan kinerja operasional yang unggul, menurunkan biaya produksi, serta menjaga daya saing organisasi dalam jangka panjang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dianalisis, dapat disimpulkan bahwa maintenance dan reliability merupakan dua elemen fundamental yang saling berkaitan dan memiliki peran strategis dalam mendukung kinerja sistem operasi. Pemeliharaan tidak lagi dipandang semata sebagai aktivitas teknis untuk memperbaiki kerusakan, melainkan sebagai fungsi manajerial yang berorientasi pada pencegahan kegagalan, peningkatan keandalan aset, serta penciptaan stabilitas proses produksi secara berkelanjutan. Kajian ini menunjukkan bahwa efektivitas sistem pemeliharaan sangat menentukan kemampuan perusahaan dalam menjaga kontinuitas operasi dan mengendalikan biaya operasional.

Hasil sintesis literatur memperlihatkan bahwa penerapan strategi pemeliharaan yang tepat, khususnya kombinasi preventive maintenance dan predictive maintenance, mampu meningkatkan reliability mesin dengan memperpanjang interval antar kegagalan (MTBF) serta mempercepat waktu perbaikan (MTTR). Peningkatan kedua indikator tersebut berkontribusi langsung terhadap naiknya tingkat availability dan efektivitas peralatan secara keseluruhan. Selain itu, pendekatan berbasis data seperti condition-based maintenance dan reliability centered maintenance memberikan dasar pengambilan keputusan pemeliharaan yang lebih objektif dan efisien, terutama pada mesin dengan tingkat kritikalitas tinggi.

Kajian ini juga menegaskan bahwa reliability memiliki implikasi luas, tidak hanya terhadap kelancaran produksi, tetapi juga terhadap kualitas produk, keselamatan kerja, serta pengelolaan persediaan suku cadang. Mesin dengan tingkat keandalan yang tinggi memungkinkan perusahaan menekan variabilitas proses, mengurangi risiko kecacatan produk, serta meminimalkan potensi gangguan operasional yang tidak terencana. Dengan demikian, reliability dapat dipandang sebagai indikator kinerja strategis yang mencerminkan keberhasilan sistem pemeliharaan dan kualitas manajemen operasional secara menyeluruh.

Lebih lanjut, hubungan antara maintenance, reliability, dan efisiensi operasional bersifat saling memperkuat. Pemeliharaan yang terencana dan berbasis analisis kondisi meningkatkan keandalan mesin, yang pada gilirannya mendukung pencapaian efisiensi operasional melalui penurunan downtime, optimalisasi pemanfaatan sumber daya, dan peningkatan Overall Equipment Effectiveness (OEE). Integrasi pemeliharaan dengan pendekatan perbaikan berkelanjutan, seperti Total Productive Maintenance dan Kaizen, memperkuat budaya organisasi yang berorientasi pada keandalan dan produktivitas jangka panjang.

Secara keseluruhan, kajian literatur ini menyimpulkan bahwa pencapaian kinerja operasional yang unggul tidak dapat dilepaskan dari integrasi yang harmonis antara sistem maintenance yang efektif, tingkat reliability yang tinggi, dan upaya peningkatan efisiensi operasional secara berkelanjutan. Oleh karena itu, organisasi perlu memandang pemeliharaan dan keandalan sebagai investasi strategis yang mendukung daya saing, keberlanjutan operasi, serta pencapaian tujuan bisnis dalam jangka panjang.

Referensi

1. J. Heizer and B. Render, *Operations Management*, 12th ed., New Jersey: Pearson Education, 2017.
2. D. P. Sari dan M. F. Ridho, "Evaluasi manajemen perawatan dengan metode Reliability Centered Maintenance (RCM) II pada mesin blowing I di Plant I PT. Pisma Putra Textile," *J. Tek. Ind.*, vol. 11, no. 2, pp. 73–82, 2016.
3. C. Revitasari, O. Novareza, dan Z. Darmawan, "Penentuan jadwal preventive maintenance mesin-mesin di stasiun gilingan (studi kasus PG. Lestari Kertosono)," *J. Rekayasa dan Manaj. Sist. Ind.*, vol. 3, no. 3, pp. 485–496, 2015.
4. G. H. Shah dan D. Patel, "A review study on the assessment of operational efficiency," *EPR Int. J. Multidiscip. Res. (IJMR)*, vol. 10, no. 10, pp. 1–13, Oct. 2024.
5. A. Mutaqiem dan D. Soediantono, "Literature review of Total Productive Maintenance (TPM) and recommendations for application in the defense industries," *J. Ind. Eng. Manag. Res. (JIEMAR)*, vol. 3, no. 2, pp. 48–60, 2022.
6. I. P. S. Ahuja and J. S. Khamba, "Total productive maintenance: literature review and directions," *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 25, no. 7, pp. 709–756, 2008.
7. C. J. Bamber, J. M. Sharp, and M. T. Hides, "Factors affecting successful implementation of total productive maintenance: a UK manufacturing case study perspective," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 162–181, 1999.
8. A. H. C. Tsang, "Strategic dimensions of maintenance management," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 7–39, 2002.
9. 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.
10. J. Moubray, *Reliability-Centered Maintenance*, 2nd ed. Oxford, UK: Butterworth-Heinemann, 1997.
11. I. Nursanti and Y. Susanto, "Analisis perhitungan overall equipment effectiveness (OEE) pada mesin packing untuk meningkatkan nilai availability mesin," *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 13, no. 1, pp. 96–102, 2014.
12. A. Septiyan and H. H. Supriyanto, "Pengukuran nilai overall equipment effectiveness (OEE) sebagai pedoman perbaikan efektivitas mesin CNC cutting," *Jurnal Teknik POMITS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2012.
13. H. A. Prabowo, Y. B. Suprpto, and F. Farida, "Evaluation of total productive maintenance implementation and its impact on overall equipment effectiveness and waste," *SINERGI*, vol. 22, no. 1, pp. 13–18, 2018.
14. D. P. Garg and R. Deshmukh, "Maintenance management: literature review and directions," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 12, no. 3, pp. 205–238, 2006.
15. R. M. Simanungkalit, "Analisis penerapan sistem perawatan menggunakan reliability centered maintenance (RCM) untuk meningkatkan keandalan mesin," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 24, no. 2, pp. 101–110, 2023.
16. A. M. Smith and G. R. Hinchcliffe, *RCM—Gateway to World Class Maintenance*. Oxford, UK: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
