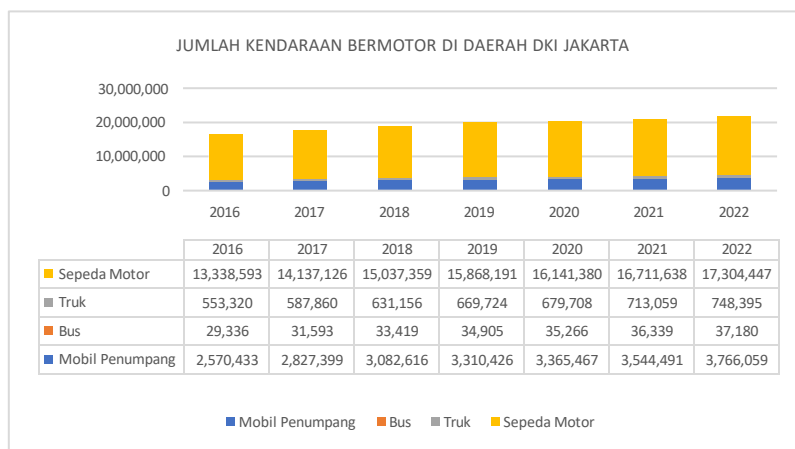


BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perubahan iklim telah menjadi isu lingkungan yang berdampak luas, memengaruhi berbagai aspek kehidupan dan mengancam keberlangsungan manusia di tingkat lokal, nasional, hingga global. Salah satu penyebab utamanya adalah pemanasan global, yang diperburuk oleh aktivitas manusia, terutama pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, minyak, dan gas. Aktivitas ini menghasilkan emisi gas rumah kaca yang membentuk lapisan di atmosfer, menjebak panas matahari dan menyebabkan peningkatan suhu Bumi. Salah satu sumber yang paling sering kita jumpai adalah penggunaan kendaraan bermotor yang mengkonsumsi bahan bakar minyak sehingga dapat menyebabkan emisi gas rumah kaca. Berikut data dari Badan Pusat Statistik Indonesia terkait perkembangan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia.



Gambar 1 Grafik Penggunaan Kendaraan Bermotor di DKI Jakarta
Sumber : Badan Pusat Statistik (2022)

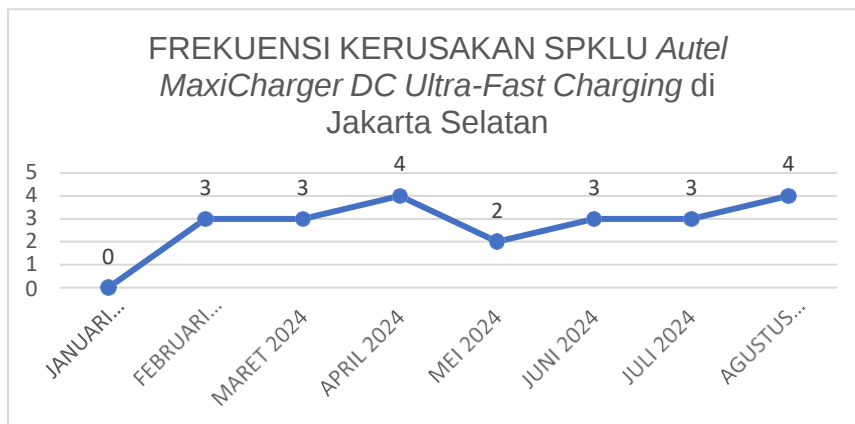
Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat bahwa pada grafik di atas menunjukkan ketergantungan tinggi Masyarakat terhadap bahan bakar fosil melalui penggunaan kendaraan bermotor. Peningkatan penggunaan BBM ini berpotensi memperburuk pemanasan global karena setiap liter BBM yang dibakar melepaskan karbon dioksida ke atmosfer sehingga dapat meningkatkan suhu permukaan bumi. Di tengah tantangan perubahan iklim akibat dari penggunaan bahan bakar fosil yang semakin meningkat, percepatan transisi menuju energi bersih menjadi sebuah keharusan. Dalam menghadapi tantangan ini, kendaraan listrik dipandang sebagai solusi efektif yang dapat menurunkan emisi karbon serta mengurangi ketergantungan pada energi tak terbarukan. Solusi ini menitikberatkan pada efisiensi energi dan inovasi teknologi, menghadirkan kendaraan listrik sebagai simbol dari strategi energi yang ramah lingkungan.

Pemerintah Indonesia pun tengah mengupayakan penggunaan kendaraan berbasis listrik dengan kebijakan-kebijakan yang mendukung percepatan elektrifikasi kendaraan. Ini dibuktikan dengan berbagai kebijakan pemerintahan terkait percepatan pertumbuhan kendaraan elektrifikasi yang tertuang dalam Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 yang di amandemen menjadi Peraturan Presiden Nomor 79 Tahun 2023 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai untuk transportasi jalan. Aturan ini secara umum bertujuan untuk mempercepat transisi ke kendaraan listrik di Indonesia dengan memperkuat infrastruktur pengisian daya, memberikan insentif secara fiskal dan non-fiskal, serta mendukung pengembangan industri kendaraan listrik dalam negeri. Kebijakan ini melibatkan berbagai kementerian dan lembaga, serta mendorong peran sektor swasta dan masyarakat, untuk mengurangi emisi karbon, menghemat energi, dan memperkuat daya saing ekonomi nasional. Salah satu infrastruktur yang dapat mempercepat kebijakan tersebut adalah Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU) yang dimana telah mendapatkan dukungan dari pemerintah melalui aturan yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber daya Mineral Nomor 13 Tahun 2020 tentang Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai. SPKLU sendiri didefinisikan sebagai stasiun yang menyediakan layanan pengisian daya listrik untuk kendaraan bermotor listrik berbasis baterai. SPKLU ini berfungsi sebagai infrastruktur yang memungkinkan pengguna kendaraan listrik untuk melakukan pengisian baterai secara cepat dan aman.

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan listrik, kinerja dan keandalan SPKLU menjadi semakin penting agar pelayanan penyediaan tenaga listrik terhadap pengguna kendaraan listrik semakin terpercaya. membantu mewujudkan hal tersebut, maka PT. Haleyora Power yang bergerak dibidang operasi dan pemeliharaan pada jaringan Transmisi dan Distribusi Kelistrikan. Sebagai anak perusahaan PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) Persero, HP mulai mengelola bisnis terkait penjualan tenaga listrik secara ritel dan diharapkan dapat mengembangkan sistem penyediaan tenaga listrik dengan layanan dan tarif tertentu, tidak terkecuali dari infrastruktur pengisian listrik kendaraan bermotor yang biasa dikenal dengan Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum (SPKLU). Di Jakarta Selatan, keberadaan SPKLU diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pengisian daya bagi pengguna kendaraan listrik dengan optimal. Namun, dalam praktiknya, seringkali ditemukan bahwa beberapa komponen SPKLU tidak beroperasi secara optimal, mengakibatkan gangguan pada layanan pengisian daya. Permasalahan ini tidak hanya menyebabkan ketidaknyamanan bagi pengguna tetapi juga menghambat upaya pemerintah dalam mendorong penggunaan kendaraan listrik. Sistem SPKLU yang bersifat self-service sehingga proses pengisian daya dioperasikan langsung oleh para, dan menyebabkan standar penggunaan SPKLU menjadi tidak konsisten. Variasi pemakaian komponen oleh berbagai pengguna dapat menyebabkan perbedaan dalam tingkat keausan dan kerusakan komponen. Pengguna yang tidak terbiasa dengan sistem memungkinkan terjadinya kesalahan operasional yang berpotensi

mempercepat kerusakan komponen atau mengurangi efisiensi pengisian, ditambah lagi konsep self-service ini berarti tidak adanya petugas yang berjaga sehingga proses operasi mesin SPKLU tidak terpantau secara langsung. Masalah ini menjadi semakin relevan mengingat pentingnya keandalan dan efisiensi SPKLU dalam mendukung transisi menuju kendaraan listrik yang lebih ramah lingkungan.

Pada penelitian kali ini akan berfokus pada salah satu unit SPKLU *Ultra-Fast Charging* yang berada di wilayah Jatinegara, Jakarta Selatan dengan tujuan untuk menganalisis dan mengusulkan manajemen pemeliharaan yang lebih efektif pada unit SPKLU tersebut.



Gambar 2. Data Frekuensi Kerusakan Komponen 2024
sumber : Data Perusahaan (2024)

Berdasarkan pada gambar 2, dapat dilihat bahwa terjadi beberapa kerusakan komponen pada SPKLU, hal ini membuktikan bahwa perlunya langkah strategis dalam merencanakan pemeliharaan SPKLU. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis serta mengusulkan manajemen pemeliharaan pada SPKLU dengan memakai pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM). TPM adalah pendekatan pemeliharaan yang melibatkan semua pihak dalam organisasi untuk mencapai efektivitas maksimal dari peralatan dengan mengurangi kegagalan dan meningkatkan kinerja. Penelitian ini dimulai dengan menganalisa kinerja komponen SPKLU dengan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), yang melibatkan pengukuran efektivitas peralatan secara keseluruhan melalui aspek ketersediaan, performa, dan kualitas. Kemudian melakukan analisis menggunakan metode *six big losses* untuk mengetahui faktor apa yang menjadi penyebab sistem SPKLU ini menjadi tidak efektif. Kemudian hasil analisis dari *six big losses* akan dianalisis lebih detail menggunakan metode FMEA untuk mengetahui komponen kritis apa yang di prioritaskan untuk diperbaiki. Kemudian melakukan perhitungan menggunakan pendekatan *Mean Time to Failures* (MTTF) digunakan untuk menghitung interval waktu sebelum komponen mengalami kegagalan sehingga petugas bisa menentukan jadwal pemeliharaan

dan pengecekan SPKLU, sehingga dapat diidentifikasi waktu yang optimal untuk melakukan pemeliharaan.

Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran bagi PT. Haleyora Power agar lebih mudah dalam merancang langkah pemeliharaan yang sesuai dan efektif. Dengan analisis ini, diharapkan dapat diidentifikasi langkah-langkah perbaikan yang efektif dan pemeliharaan berbasis pilar TPM yang tepat, sehingga kinerja SPKLU dapat ditingkatkan dan pelayanan pengisian daya bagi pengguna kendaraan listrik dapat berjalan dengan optimal. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan kebijakan dan strategi pemeliharaan SPKLU di masa depan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan dalam penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana Efektivitas kinerja mesin SPKLU *Ultra Fast Charging*?
2. Apa saja faktor yang mempengaruhi efektivitas terhadap kinerja mesin SPKLU *Ultra Fast Charging*?
3. Apa saja komponen SPKLU yang termasuk dalam kategori kritis?
4. Berapa lama waktu ideal pemeliharaan komponen kritis SPKLU *Ultra Fast Charging* untuk mencegah kegagalan?
5. Bagaimana langkah yang perlu dilakukan untuk meningkatkan efektivitas mesin SPKLU *Ultra Fast Charging*?

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis efektivitas kinerja mesin SPKLU *Ultra Fast Charging* menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE).
2. Menganalisis faktor yang mempengaruhi efektivitas kinerja pada mesin SPKLU *Ultra Fast Charging* menggunakan metode *six big losses*.
3. Menganalisis komponen SPKLU *Ultra Fast Charging* yang termasuk dalam kategori kritis dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
4. Menganalisis rata-rata waktu kegagalan (*Mean Time To Failure*) dan rata-rata waktu perbaikan (*Mean Time To Repair*) terhadap komponen kritis pada mesin SPKLU *Ultra Fast Charging*.
5. Menganalisis langkah perawatan komponen kritis pada SPKLU *Ultra Fast Charging* dengan pendekatan *Total Productive Maintenance* (TPM)

1.4. Batasan Masalah

1. Pengamatan dilakukan pada unit SPKLU *Ultra Fast Charging* yang terletak pada koordinat geografis 6°13'23.7"S 106°50'34.6"E.
2. Jenis SPKLU yang dianalisis adalah Autel MaxiCharger DC *Ultra-Fast Charging* dengan kemampuan daya *output* di kisaran 140 kW – 200 kW.
3. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang diambil dari bulan Januari 2024 sampai dengan bulan Agustus 2024.
4. Penelitian ini hanya sampai tahap pemberian saran dan tidak memperhatikan aspek biaya.

1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diperoleh dari penelitian ini ditujukan bagi beberapa pihak sebagai berikut:

1. Bagi penulis
Dapat menambah wawasan dan kemampuan untuk menganalisis dan mengaplikasikan ilmu-ilmu teknik industri dalam memecahkan permasalahan di dunia nyata khususnya untuk menganalisis komponen apa yang tidak beroperasi secara optimal kemudian menentukan waktu optimal untuk melakukan *preventive maintenance* dan penerapan *total productive maintenance* (TPM).
2. Bagi perusahaan
Hasil penelitian ini dapat menjadi masukan untuk melakukan kunjungan dan *preventive maintenance* untuk perusahaan.
3. Bagi akademik
Penelitian ini diharapkan menjadi masukan untuk melakukan penelitian mengenai *preventive maintenance* mesin dan dapat memberikan kontribusi dalam menambah wawasan keilmuan bagi civitas akademik teknik industri .

1.6. Kajian Teori

1.6.1 Perawatan (*Maintenance*)

- a. Definisi *maintenance*
Kegiatan *maintenance* adalah aktivitas yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan dan meningkatkan performa mesin. Pemeliharaan sangat penting dalam industri karena kebutuhan akan jaminan performa berkualitas tinggi, baik di era otomatisasi maupun dalam proses produksi yang terus meningkat. Jika mesin tidak beroperasi secara optimal, proses produksi akan terhenti. Oleh karena itu, melakukan perawatan pada mesin sebelum terjadi kerusakan menjadi sangat penting dalam industri, karena dapat mengurangi biaya perbaikan dan menjaga kualitas produk (Islam, Lestari, Fitriani, & Wardani, 2020).
- b. Tujuan *maintenance*
Menurut O'Connor & Kleyner (dalam Pamungkas,dkk, 2021) tujuan melakukan perawatan adalah sebagai berikut:
 - 1) Mempertahankan kemampuan alat atau fasilitas produksi.
 - 2) Mengurangi pemakaian dan penyimpangan luar batas.
 - 3) Menjaga agar kualitas produk berada pada tingkat yang diharapkan.
 - 4) Memperhatikan dan menghindari kegiatan-kegiatan operasi mesin serta peeralatan yang dapat membahayakan keselamatan kerja.
 - 5) Mencapai tingkat biaya serendah mungkin.
 - 6) Mengadakan suatu kerja sama yang erat dengan fungsi-fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan.
- c. Jenis *maintenance*
Jenis-jenis *maintenance* terbagi menjadi 4 kategori sebagai berikut:

1) *Reactive Maintenance*

Reactive Maintenance merupakan tindakan perawatan yang dilakukan pada saat mesin mengalami kerusakan mesin. Kegiatan perawatan yang dilakukan dengan *reactive maintenance* akan menyebabkan biaya yang besar karena akan menyebabkan downtime secara tiba-tiba. Hal ini disebabkan karena tidak adanya perencanaan perawatan.

2) *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan tindakan perawatan secara berkala berdasarkan perencanaan perawatan. Kegiatan perawatan ini merupakan tindakan perawatan yang dilakukan berdasarkan waktu perawatan yang telah direncanakan tanpa menunggu terjadinya kerusakan mesin.

3) *Predictive Maintenance*

Predictive maintenance yaitu analisis kondisi peralatan berdasarkan perilaku peralatan saat beroperasi, sehingga dari analisis tersebut dapat diprediksi kapan peralatan dapat beroperasi secara normal.

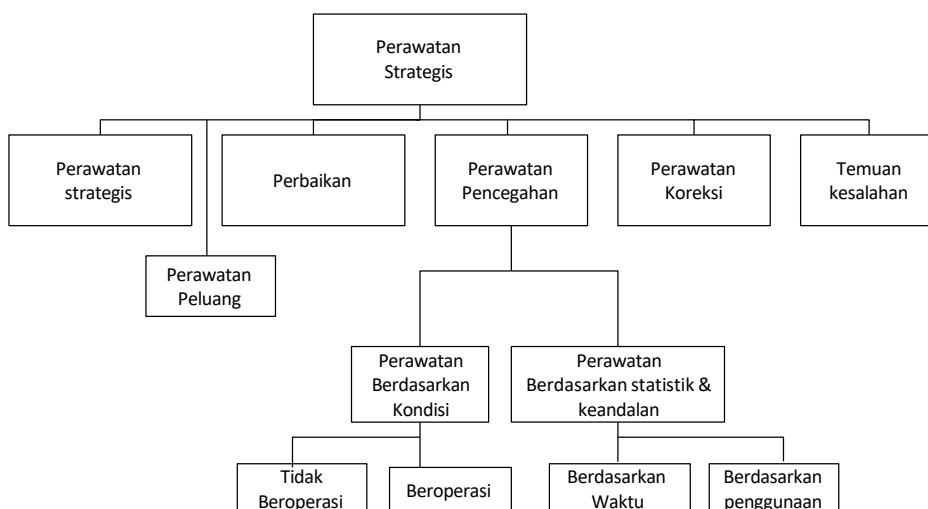
4) *Proactive Maintenance*

Proactive maintenance merupakan proses perawatan yang dilakukan oleh seseorang yang sangat paham dengan keadaan mesinnya (operator produksi, sehingga sebelum memulai proses produksi maka akan dilakukan tindakan perbaikan sebelum terjadi kerusakan pada mesin.

(Islam,dkk,2020)

1.6.2 Strategi Pemeliharaan

Menurut Pranowo (2019) Untuk mempertahankan agar sebuah mesin dapat memaksimalkan output tanpa mengorbankan keselamatan perlu dilakukan rencana pemeliharaan. Pemeliharaan terbagi menjadi dua yaitu pemeliharaan terjadwal dan tidak terjadwal. Gambar 2 menunjukkan strategi pemeliharaan menurut Duffua dkk (1999):



Gambar 3. Strategi Pemeliharaan

Sumber: Duffua dkk (1999)

- a. **Pemeliharaan Penggantian (*Replacement*)**
Komponen sistem diganti seluruhnya /sebagian karena menjadi kurang andal akibat utilitas alat berat yang rendah atau ketergantungan fasilitas manufaktur yang buruk
- b. **Pemeliharaan Peluang (*Opportunity Maintenance*)**
Tujuan dari pemeliharaan kesempatan adalah untuk menjaga agar staf pemeliharaan dan operator tidak menganggur. Dari yang paling dasar, seperti pembersihan hingga yang lebih kompleks seperti memperbaiki fasilitas sistem produksi, pemeliharaan dapat dilakukan.
- c. **Pemeliharaan Perbaikan Besar (*Overhaul*)**
Pemeliharaan perbaikan besar adalah pemeliharaan terencana dan proses yang dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem sehingga diharapkan sistem berada dalam kondisi yang handal. Ini mencakup pengujian dan perbaikan secara menyeluruh pada beberapa atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi normal yang dapat diterima.
- d. **Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)**
Pemeliharaan pencegahan adalah pemeliharaan yang dilakukan untuk mengidentifikasi sumber kerusakan dan mencegah kerusakan yang tidak terduga, dalam praktiknya, perawatan pencegahan dibedakan menjadi:
 - 1) ***Routine Maintenance***
Routine Maintenance merupakan kegiatan untuk menjaga kondisi dasar mesin dengan mengganti suku cadang yang rusak atau aus dan menggantinya secara berkala.
 - 2) ***Periodic Maintenance***
Merupakan pemeliharaan yang dilakukan secara berkala dalam jangka waktu tertentu, seperti seminggu atau sebulan sekali dengan

pengecekan rutin dan penggantian komponen yang rusak atau tidak berfungsi.

3) *Running Maintenance*

Merupakan pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan dengan memastikan bahwa fasilitas produksi tetap beroperasi. Pemeliharaan ini mencakup pemeliharaan yang dimaksudkan adalah untuk diterapkan pada mesin atau peralatan yang sedang beroperasi.

4) *Shutdown Maintenance*

Merupakan tindakan pemeliharaan yang hanya dapat dilakukan saat mesin produksi sengaja dihentikan atau dimatikan.

e. Modifikasi Desain (*Design Modification*)

Sebagian kecil peralatan diperbarui untuk mempertahankan kondisi yang dapat diterima dan meningkatkan kapasitas. Biasanya, modifikasi desain dilakukan untuk meningkatkan kapasitas dan kinerja peralatan.

f. Pemeliharaan Koreksi (*Breakdown/Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan koreksi adalah proses mengembalikan kondisi sistem dari keadaan rusak hingga dapat digunakan kembali. Waktu perbaikan terdiri dari beberapa aktivitas. Waktu persiapan meliputi waktu tenaga kerja untuk melakukan pekerjaan.

g. Temuan Kesalahan (*Fault Finding*)

Merupakan prosedur pemeliharaan yang melibatkan pengecekan untuk mengukur tingkat kerusakan. Tujuan *fault finding* adalah untuk menemukan kerusakan tersembunyi saat mesin beroperasi. Kerusakan tersembunyi adalah situasi yang sulit diperkirakan dan sangat mungkin menyebabkan kecelakaan saat mesin dioperasikan. Salah satu cara untuk menemukan kerusakan tersembunyi adalah dengan melakukan pemeriksaan dengan mengoperasikan mesin dan memeriksa dengan seksama dan teliti apakah mesin atau peralatan tersebut berfungsi dengan semestinya.

1.6.3 Total Productive Maintenance (TPM)

a. Pengertian *Total Productive Maintenance* (TPM)

Menurut Nakajima (dalam (Cahyono & Budiharti, 2020) *Total Productive Maintenance* (TPM) menekankan bahwa pendayagunaan dan keterlibatan sumber daya manusia dan sistem *preventive maintenance* berguna untuk memaksimalkan efektifitas peralatan dengan melibatkan semua departemen dan fungsional organisasi. TPM sendiri terdiri dari 3 buah suku kata yang masing-masing memiliki arti. Dimulai dari *total*, dimana mempertimbangkan berbagai aspek dan melibatkan seluruh personil yang ada, mulai dari tingkat jabatan tertinggi hingga ke jajaran tingkat bawah. *Productive* menitik beratkan da segala usaha untuk selalu melakukan pemeliharaan dengan kondisi produksi tetap berjalan dan meminimalkan masalah-masalah yang terjadi di produksi saat pemeliharaan berlangsung. Tujuan dari TPM ini adalah memastikan

semua peralatan atau mesin berada dalam kondisi kerja yang baik untuk menghindari kerusakan dan terjadinya *delay* dalam proses manufaktur.

b. Pilar-Pilar *Total Productive Maintenance* (TPM)

Dalam penerapan TPM, dikenal 8 pilar TPM yang merupakan panduan untuk penerapan TPM. Adapun 8 pilar dari TPM yaitu *Autonomous Maintenance, Planned Maintenance, Focus Improvement, Development Management, Quality Management, TPM in the Office, Education and Training, Safety, Healthy and Environmental Management* (Borris, 2006).

1) *Autonomous Maintenance*

Autonomous maintenance memberikan tanggung jawab pemeliharaan kepada operator, sehingga operator melaksanakan tugas-tugas pengoperasian peralatan, meningkatkan peluang pekerjaan mereka, dan mengurangi biaya untuk melakukan pekerjaan tersebut.

2) *Planned Maintenance*

Pemeliharaan terencana, baik itu pemeliharaan reaktif atau pemeliharaan preventif, adalah metode terbaik untuk mencegah *Downtime* dan kerusakan. Memastikan setiap aset tetap beroperasi dan berfungsi dengan baik merupakan langkah penting untuk menjaga kualitas, menghindari keluhan pelanggan, dan meningkatkan kepatuhan. Pemeliharaan terencana bertujuan untuk menemukan penyebab mendasar masalah peralatan dan mengidentifikasi serta menerapkan solusi yang dapat menangani masalah tersebut.

3) *Focus Improvement*

Focus Improvement (perbaikan berkelanjutan) adalah salah satu elemen penting dalam Total Productive Maintenance (TPM). Semua karyawan didorong untuk berpartisipasi dalam usaha perbaikan, bahkan jika perbaikan yang dilakukan terlihat kecil. Proyek perbaikan melibatkan tim lintas fungsi sehingga setiap individu dapat memberikan masukan dan ide berdasarkan sudut pandang yang berbeda.

4) *Development Management*

Pilar ini digunakan untuk meningkatkan ketersediaan peralatan, langkah yang diambil adalah mengurangi waktu pengaturan ulang alat (*Tools Resetting Time*) guna mengurangi biaya pemeliharaan peralatan dan memperpanjang masa penggunaan peralatan tersebut.

5) *Quality Management*

Quality management membahas tentang aspek kualitas dengan memastikan bahwa peralatan atau mesin produksi memiliki kemampuan untuk mendeteksi dan mencegah kesalahan selama proses produksi. Dengan adanya kemampuan deteksi kesalahan ini, proses produksi menjadi lebih handal dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi pada tahap awal. Hal ini mengontrol

tingkat kegagalan produk dan secara efektif mengurangi biaya produksi.

6) *TPM in Office*

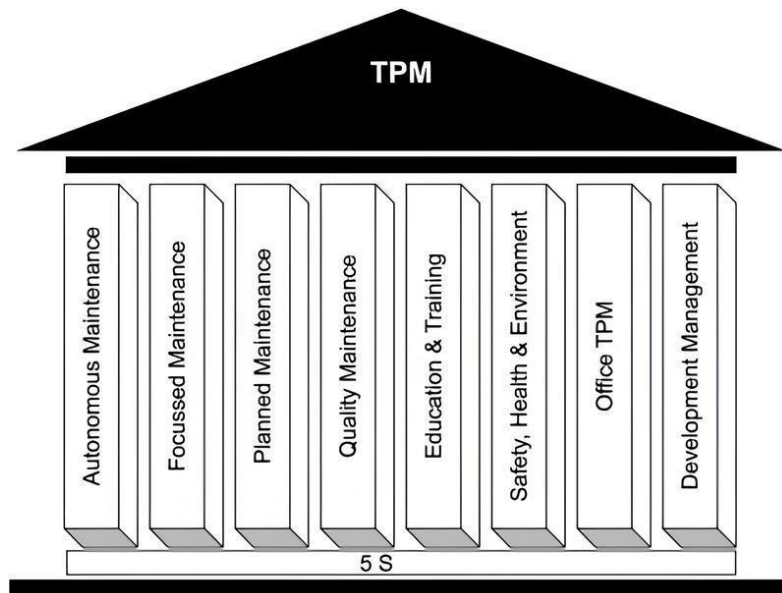
Salah satu pilar berikutnya dalam *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah mengintegrasikan konsep TPM ke dalam fungsi administrasi. Tujuan dari pilar TPM dalam administrasi ini adalah untuk memastikan bahwa semua pihak di dalam organisasi atau perusahaan memiliki pemahaman dan persepsi yang seragam, termasuk staf administrasi yang terlibat dalam pembelian, perencanaan, dan keuangan.

7) *Education and Training*

Education and Training merupakan hal yang penting untuk mengatasi kesenjangan pengetahuan saat menerapkan *Total Productive Maintenance* (TPM). Kurangnya pemahaman terhadap alat atau mesin yang digunakan dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan tersebut dan berdampak negative terhadap produktivitas kerja, yang pada akhirnya merugikan perusahaan. Dengan memberikan pelatihan yang memadai, keterampilan operator dapat ditingkatkan sehingga mereka mampu melaksanakan kegiatan pemeliharaan dasar. Selain itu, teknisi juga dapat dilatih untuk meningkatkan kemampuan mereka dalam melakukan upaya pencegahan dan analisis kerusakan mesin atau peralatan kerja.

8) *Safety, Healty, and Enviromental Management*

Pekerja harus memiliki kemampuan untuk bekerja dan melaksanakan tugas mereka dalam lingkungan kerja yang aman dan sehat. Dalam aspek ini, perusahaan memiliki tanggung jawab untuk menyediakan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan bebas dari kondisi berbahaya. Tujuan dari aspek ini adalah mencapai target tempat kerja yang bebas dari kecelakaan, di mana tidak ada kecelakaan yang terjadi.



Gambar 4. Pilar TPM

Sumber: Borris (2006)

1.6.4 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

a. Definisi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Menurut Stamatis (2010) dalam Atikno & Purba, (2021) *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metode untuk mengukur efektivitas dan efisiensi dalam proses yang membantu untuk melihat dan mengukur masalah sehingga bisa menyiapkan metode standar untuk mengukur kemajuan dan untuk memperbaikinya. Tujuan utama OEE adalah untuk meningkatkan produktivitas, menurunkan biaya, meningkatkan kesadaran akan kebutuhan produktivitas alat, meningkatkan umur peralatan. OEE merupakan rasio produktivitas yang terdiri dari tiga aspek yaitu aspek ketersediaan (*availability*), kinerja (*performance*), dan kualitas (*quality*). Dengan rumus perhitungan :

$$OEE = availability \times performance \times quality$$

b. Aspek *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Ketiga aspek tersebut dijelaskan dalam Suwardiyanto., dkk (2020) sebagai berikut:

1) *Availability*

Availability adalah suatu rasio yang menunjukkan waktu yang tersedia untuk mengoperasikan mesin.

$$Availability = \frac{operational\ time}{loading\ time} \times 100\%$$

Dimana,

<i>Operating time</i>	= Waktu yang tersedia (<i>loading time</i>) – waktu <i>downtime</i>
<i>Loading time</i>	= Waktu yang tersedia untuk produksi dalam periode tertentu, seperti hari, minggu, atau bulan
<i>Downtime</i>	= Total waktu Ketika sistem tidak beroperasi karena berbagai alasan seperti kegagalan peralatan, persiapan, atau penyesuaian, dan perlengkapan lainnya.

2) *Performance*

Performance adalah rasio kecepatan operasi aktual peralatan (*actual operating speed*) dengan kecepatan ideal (*ideal speed*) berdasar kapasitas desain. Dalam *performance*, *efficiency* ada tiga factor penting yang perlu diketahui yaitu: Ideal cycle time (waktu siklus ideal), Processed amount (jumlah produk yang dihasilkan), Operation time (Waktu operasi mesin).

$$Performance = \frac{Ideal\ cycle\ time \times product\ processed}{operating\ time}$$

Ideal cycle time = *cycle time* x % jam kerja

$$Cycle\ time = \frac{loading\ time}{product\ processed}$$

$$\% \text{ jam kerja} = 1 - \frac{total\ downtime}{operating\ time} \times 100\%$$

Dimana,

<i>Ideal cycle time</i>	= Waktu ideal dari suatu proses produksi
<i>Product Processed</i>	= Jumlah produk yang dihasilkan
<i>Operating time</i>	= Waktu operasi mesin tanpa kerusakan

3) *Quality*

Quality rate merupakan rasio yang menunjukkan kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk yang sesuai dengan standar kualitas yang ditentukan.

$$Quality = \frac{product\ processed - defect\ product}{product\ processed}$$

Dimana,

<i>Product Processed</i>	= Jumlah produk yang dihasilkan
<i>Defect product</i>	= Jumlah produk cacat

c. Penilaian skor *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Untuk menentukan apakah nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebuah Perusahaan sudah dalam kondisi baik atau belum, maka *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) merumuskan standar penilaian dari OEE dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 standar penilaian OEE

OEE factor	World Class
<i>Availability rate</i>	90 % atau lebih
<i>Performance rate</i>	95 % atau lebih
<i>Quality rate</i>	99 % atau lebih
<i>OEE</i>	85% atau lebih

- 1) Jika OEE = 100%, produksi dianggap sempurna. Memproduksi produk tanpa cacat, bekerja dalam *performance* yang cepat, dan tidak ada *downtime*.
- 2) Jika OEE = 85 % - 99 %, produksi dianggap wajar, tapi menunjukkan ada ruang yang besar untuk *improvement*.
- 3) Jika OEE = < 60 % produksi dianggap memiliki skor rendah, dalam kebanyakan kasus dapat dengan mudah di *improve* melalui pengukuran langsung.

(Tammya & Herwanto, 2021)

d. Tujuan implementasi *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Penggunaan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai indikator performa dilakukan dengan mengambil periode waktu tertentu, seperti *shift*, harian, mingguan, bulanan, atau tahunan. OEE dapat digunakan dalam beberapa tingkatan di lingkungan Perusahaan, antara lain:

- 1) OEE dapat digunakan sebagai *benchmark* untuk mengukur pencapaian rencana Perusahaan dalam hal performa.
- 2) Nilai OEE dapat digunakan untuk membandingkan kinerja produksi antara Perusahaan-perusahaan, sehingga dapat terlihat perbedaan dalam aliran produksi yang tidak efisien.
- 3) Sebagai pertimbangan dalam Keputusan pembelian peralatan baru, dimana Keputusan didasarkan pada pemahaman yang jelas tentang kapasitas peralatan yang ada guna memenuhi permintaan pelanggan. Dengan menggabungkan metode lain, seperti *Basic Quality Tools* (seperti *Pareto Diagram* dan *Cause-Effect Diagram*), nilai OEE dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor – faktor penyebab penurunan nilai OEE. Dengan mengetahui faktor – faktor tersebut, langkah – Langkah perbaikan dapat segera dilakukan.

(Aryani, 2023)

1.6.5 Keandalan (*Reliability*)

Peluang (*probability*) yaitu setiap komponen memiliki umur atau waktu yang berbeda antara satu dengan yang lain sehingga terdapat sekelompok komponen yang memiliki rata-rata hidup tertentu. Kinerja keandalan yang

diharapkan menjelaskan bahwa keandalan merupakan suatu karakteristik performansi sistem dimana suatu sistem yang handal harus dapat menunjukkan performansi yang memuaskan jika dioperasikan. Waktu merupakan parameter yang penting untuk melakukan penilaian kemungkinan suksesnya suatu sistem. Peluang suatu komponen untuk digunakan selama setahun akan berbeda dengan peluang komponen untuk digunakan dalam sepuluh tahun. Kondisi operasional yang spesifik menjelaskan bahwa bagaimana perlakuan yang diterima oleh suatu sistem dalam menjalankan fungsinya dalam arti bahwa dua buah sistem dengan tingkat mutu yang sama dapat memberikan tingkat keandalan yang berbeda dalam kondisi operasionalnya. Misalnya kondisi temperatur, keadaan atmosfer dan tingkat kebisingan di mana sistem dioperasikan.

1.6.6 Six big losses

Menurut Saputra dkk (2024) ada 6 kerugian yang menyebabkan rendahnya kinerja dari mesin dan peralatan. Kenam kerugian tersebut dikenal dengan istilah *six big losses*. *Six big losses* di kategorikan menjadi 3 kategori utama berdasarkan aspek kerugiannya, yaitu *downtime losses*, *speed losses*, dan *defect losses*. Berikut merupakan penjabaran dari 3 kategori tersebut.

a Downtime losses

Dimana peralatan mengalami breakdown dan tidak menghasilkan output.

1) Equipment failure

Equipment failure adalah *losses* yang disebabkan karena peralatan berhenti tiba tiba tanpa direncanakan, berikut rumusnya:

$$\text{Equipment failure} = \frac{\text{total breakdown time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

2) Set up – adjustment losses

Kerugian karena *set-up* dan *adjustment* adalah semua waktu set-up termasuk waktu penyesuaian (*adjustment*) dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan mengganti suatu jenis produk ke jenis produk berikutnya untuk produksi selanjutnya. Berikut rumusnya.

$$\text{Set up and adjustment} = \frac{\text{total set up mesin}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

b Speed losses

Faktor – faktor yang mempengaruhi *speed losses* adalah *idling and minor stoppages* dan *reduced speed*

1) Idling and minor stoppage

Kerugian karena beroperasi tanpa beban maupun karena berhenti sesaat muncul jika faktor eksternal mengakibatkan mesin/peralatan berhenti berulang-ulang atau mesin/ peralatan beroperasi tanpa menghasilkan produk.

$$\text{Idling and minor stoppage} = \frac{\text{non productive time}}{\text{loading time}} \times 100\%$$

2) *Reduced and speed losses*

Menurunnya kecepatan produksi timbul jika kecepatan operasi aktual lebih kecil dari kecepatan mesin yang telah dirancang beroperasi dalam kecepatan normal.

$$\text{Reduced speed} = \frac{(\text{ideal cycle time} \times \text{product processed})}{\text{loading time}} \times 100\%$$

c *Defect losses*

Defect Losses mengacu pada waktu dan sumber daya yang hilang karena produksi produk yang cacat. Jenis kerugian ini dikategorikan dalam Enam Kerugian Besar dalam manufaktur, yang merupakan penyebab utama hilangnya produktivitas. Menurut (Saputra & Suroso, 2022)

1) *Rework losses*

Rework merupakan produk yang tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan, tetapi masih dapat diperbaiki atau dikerjakan ulang.

$$\text{Rework Losses} = \frac{(\text{ideal cycle time} \times \text{rework product})}{\text{loading time}} \times 100\%$$

2) *Scrap Losses*

Kerugian yang disebabkan karena adanya kecacatan di produksi yang tidak memenuhi spesifikasi kualitas yang diharapkan.

$$\text{Scrap Losses} = \frac{(\text{ideal cycle time} \times \text{scrap})}{\text{loading time}} \times 100\%$$

1.6.7 Mean Time to Failure (MTTF)

Ada beberapa cara peralatan dapat mengalami kerusakan. Distribusi *Weibull*, normal, dan lognormal adalah distribusi kerusakan yang sering digunakan yang dapat memenuhi fase kerusakan yang berbeda.

a. Distribusi *Weibull*

Distribusi *Weibull* dapat memenuhi beberapa periode kerusakan yang terjadi, yaitu periode awal, periode normal, dan periode pengausan, yang masing – masing tergantung pada nilai parameter bentuk fungsi distribusi *Weibull*, distribusi ini merupakan distribusi paling memiliki plaju kerusakan menurun untuk nilai $\beta < 1$, laju kerusakan konstan untuk nilai $\beta = 1$, dan laju kerusakan naik untuk $\beta > 1$. Beberapa fungsi yang digunakan dalam distribusi *Weibull* dapat dilihat sebagai berikut:

1) Fungsi kepadatan probabilitas $f(t)$

Merupakan probabilitas terjadinya kerusakan pada setiap satuan waktu.

$$f(t) = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

2) Fungsi keandalan distribusi *Weibull*

Merupakan probabilitas suatu alat/komponen yang berfungsi sampai suatu periode t .

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\alpha}\right)^\beta}$$

3) Laju kegagalan distribusi *Weibull*

Merupakan gambaran laju kerusakan dalam selang waktu tertentu.

$$r(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\alpha} \left(\frac{t}{\alpha}\right)^{\beta-1}$$

b. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal menggunakan dua parameter yaitu s sebagai parameter bentuk (*shape parameter*) dan $tmed$ sebagai parameter Lokasi (*location parameter*). Nilai Tengah distribusi kerusakan adalah $tmed$ karena distribusi ini dapat bervariasi, data yang sesuai dengan distribusi *Weibull* juga sesuai dengan distribusi lognormal. Karakteristik distribusi lognormal memiliki dua parameter yaitu parameter Lokasi (μ) dan parameter skala (σ), sama dengan standar deviasi. Jika distribusi waktu antar kegagalan mengikuti distribusi normal.

c. Distribusi Eksponensial

Distribusi ini sangat penting untuk teori antrian maupun masalah keandalan, dimana komponen atau sistem dengan laju kerusakan konstan menggunakan distribusi ini. Jika ada peralatan dengan laju kerusakan konstan, maka komponen atau sistem tersebut mungkin termasuk dalam distribusi eksponensial. Parameter distribusi eksponensial didefinisikan sebagai λ , yang nilainya tidak berubah seiring berjalannya waktu.

d. Distribusi Normal

Salah satu jenis distribusi yang paling sering digunakan untuk menjelaskan penyebaran data adalah distribusi normal, juga dikenal sebagai distribusi *Gaussian*. Parameter distribusi normal adalah *mean* dan standar deviasi. Jika distribusi waktu antar kegagalan suatu sistem mengikuti distribusi normal.

1) Fungsi kepadatan probabilitas $f(t)$

2) Fungsi keandalan distribusi normal

Laju kegagalan distribusi normal

1.6.8 MTTR (*Mean Time to Repair*)

MTTR (*Mean Time to Repair*) adalah metrik yang digunakan untuk mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu sistem atau peralatan setelah mengalami kegagalan. Menurut Levitt (2010), MTTR merupakan indikator penting dalam manajemen perawatan (*maintenance*). MTTR mencakup waktu mulai dari kegagalan terjadi hingga sistem atau peralatan Kembali berfungsi dengan baik, termasuk waktu yang diperlukan untuk mendeteksi kegagalan, mendiagnosis masalah, dan memperbaiki permasalahan tersebut. MTTR memiliki peran penting dalam mengevaluasi ketersediaan dan keandalan sistem serta peralatan, Tingkat keparahan insiden. Dan efektivitas upaya perbaikan. MTTR yang tinggi dapat menyebabkan *downtime* yang tidak terencana yang berdampak signifikan. MTTR mengukur rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki peralatan setelah terjadi kegagalan dengan rumus sebagai berikut (Wardana & Abdulrahim, 2024).

$$MTTR = \frac{\text{total waktu terhentinya alat akibat kerusakan(tidak terjadi)}}{\text{jumlah kerusakan}}$$

Berikut merupakan perhitungan MTTR berdasarkan masing – masing distribusi:

1.7 Distribusi *Weibull*

$$MTTR = \theta \cdot r \left(1 + \frac{1}{\beta}\right)$$

1.8 Distribusi Normal

$$MTTR = \mu$$

1.9 Distribusi Lognormal

$$MTTR = tmed \cdot e^{\frac{s^2}{2}}$$

1.10 Distribusi Eksponensial

$$MTTR = \frac{1}{\lambda}$$

1.7 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Menurut Gazperz (2006), FMEA merupakan suatu prosedur terstruktur yang digunakan untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure mode*). FMEA dapat diterapkan pada semua bidang baik manufaktur maupun jasa, juga pada semua jenis produk. *Risk Priority Number* (RPN) merupakan *rating severity, occurrence, dan detection*. *Severity* adalah suatu perkiraan subyektif/estimasi tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut. *Occurance* adalah suatu perkiraan tentang probabilitas/peluang bahwa penyebab akan terjadi dan menghasilkan modus kegagalan yang menyebabkan akibat tertentu. *Detection* adalah perkiraan subyektif tentang bagaimana efektifitas dan metode pencegahan atau pendeteksian. Cara untuk mencari nilai RPN adalah sebagai berikut.

$$RPN = severity \times occurrence \times detection$$

1. Skala *severity* (Tingkat keparahan)

Setiap Tingkat keparahan dampak dari suatu risiko yang terjadi diberikan sebuah nilai *severity* dari 1 (sangat rendah) sampai 5 (sangat tinggi). Gambar 5 menunjukkan kategori dan deskripsi dari nilai skala *severity*-nya.

Tabel 2 Skala *Severity*

Skala	Kategori	Deskripsi
1	Sangat Rendah	Tidak begitu berpengaruh terhadap keterlambatan
2	Rendah	Berpengaruh <5% terhadap keterlambatan
3	Menengah	Berpengaruh 5% - 10% terhadap keterlambatan
4	Tinggi	10% - 20% terhadap keterlambatan
5	Sangat Tinggi	>20% sangat berpengaruh terhadap keterlambatan

2. Skala *Occurance* (Tingkat frekuensi terjadi)

Seberapa sering terjadinya risiko dinilai dengan skala dari 1 (tidak pernah terjadi) sampai 5 (sangat sering terjadi). Gambar 5 menjelaskan deskripsi dari setiap skala *occurance*.

Tabel 3 Skala *Occurance*

Skala	Kategori	Deskripsi
1	Tidak pernah Terjadi	Minimal
2	Jarang Terjadi	Minor
3	Kadang Terjadi	Moderate
4	Sering Terjadi	Mayor
5	Sangat Sering Terjadi	Ekstrem

3. Skala *Detectability* (Tingkat dapat terdeteksi)

Tingkat terdeteksinya sebuah risiko dapat dinilai menggunakan skala *detectability* pada gambar 6 di bawah ini dengan penjelasan secara deksripsi dan ditentukan berdasarkan frekuensi terjadinya dari skala 1 (metode pencegahan sangat efektif) sampai skala 5 (metode pencegahan tidak efektif).

Tabel 4 Skala *Detectability*

Skala	Kategori	Deskripsi
1	0,01 per 1000 item	Metode pencegahan sangat efektif, tidak ada peluang bagi penyebab
2	0,01 – 0,5 per 1000 item	Peluang penyebab terjadi bersifat sangat rendah
3	1 – 5 per 1000 item	Peluang penyebab terjadi bersifat moderate
4	10 – 20 per 1000 item	Peluang penyebab terjadi tinggi, metode pencegahan kurang efektif
5	50 – 1000 per 1000 item	Peluang penyebab terjadi sangat tinggi, metode pencegahan tidak efektif

1.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian yang telah memberikan usulan perbaikan terhadap usulan perencanaan perawatan komponen kritis menggunakan pendekatan TPM dan FMEA yaitu :

Tabel 5 Penelitian Terdahulu

No	Tahun	Nama	Metode	Hasil
1	2022	Oki Sunardi, Mardiana, Isdaryanto Iskandar	OEE (<i>Overall Equipment Effectiveness</i>), <i>six big losses</i> , MTBF (<i>Mean Time Between Failure</i>), dan MTTR (<i>Mean</i>	Untuk mencegah <i>breakdown</i> pada proses <i>mixing</i> digunakan pendekatan TPM (<i>Total Productive Maintenance</i>) untuk

2	2021	Naufal Fadhillah Avriilio, Nita P. A Hidayat	<i>Time To Repair</i>). MTTF (<i>Mean Time to Failure</i>) dan MTTR (<i>Mean Time To Repair</i>)	meningkatkan produktivitas mesin. Adanya penentuan jadwal <i>preventive maintenance</i> pada mesin MOJ-3
3	2020	Nur Fadilah Fatma, Henri Ponda, Rizky Aditya Kuswara	<i>Mean Time Between Failure</i> (MTTF) dan <i>Mean Time To Failure</i> (MTTF)	Dilakukannya perubahan jadwal <i>preventive maintenance</i> untuk mesin ITE.01.TE.01 berdasarkan hasil perhitungan menggunakan MTTF dan MTTF.
4	2021	Okti Dwi Cahyani dan Irwan Iftadi	<i>Realibility Center Maintenance</i> (RCM), <i>Mean Time to Failure</i> (MTTF) dan <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR)	Membuat penjadwalan <i>preventive maintenance</i> dan mengetahui potensi kegagalan dan jenis tindakan perawatan menggunakan analisis <i>Realibility Center Maintenance</i> (RCM)
5	2020	Purwahyudi Suwardiyanto, Denny Siregar, dan Darmono Umar	Metode <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) dan <i>Six Big Losses</i>	Didapatkan bahwa nilai OEE untuk mesin <i>welding tipe x</i> adalah sebesar 70.861% dan dipengaruhi oleh salah satu faktor <i>six big losses</i> yaitu <i>quality defect and rework losses</i> .

mempelajari jurnal ilmiah penelitian sebelumnya, buku yang relevan dengan penelitian dan data pendukung lainnya.

2.3 Tahapan Penelitian

a. Tahap pendahuluan

Tahap ini merupakan tahap awal dalam penelitian. Pada tahap ini terdiri dari studi lapangan, studi literatur, identifikasi masalah, dan penetapan tujuan.

1. Studi lapangan

Selama studi lapangan, peneliti melakukan observasi terkait dengan cara kerja mesin SPKLU dan mengamati aktivitas pelanggan saat menggunakan mesin tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk memahami interaksi pengguna dengan mesin, serta mengevaluasi kemudahan dan kenyamanan proses pengisian daya yang ditawarkan. Dengan mencatat setiap langkah penggunaan, peneliti dapat mengidentifikasi potensi masalah dan peluang untuk perbaikan dalam pengalaman pengguna.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari teori pendukung yang berkaitan dengan kondisi lapangan, pada tahap ini, literatur yang digunakan berupa jurnal, skripsi, dan buku.

b. Identifikasi masalah, tujuan dan manfaat penelitian

Setelah melakukan studi lapangan dan studi literatur, peneliti melakukan identifikasi masalah, yaitu mendefinisikan dan menentukan masalah yang ditemukan di lapangan, kemudian melakukan perumusan masalah berupa pertanyaan yang menjadi acuan dalam penelitian, pertanyaan disusun secara terstruktur untuk menjadi kerangka dalam penyelesaian keseluruhan penelitian. Kemudian penentuan batasan masalah dan asumsi yang berisi batasan – batasan dalam melakukan penelitian.

c. Pengumpulan data

Pada proses pengumpulan data, terdapat dua jenis data yang diambil yaitu:

1. Data primer

Data primer adalah data yang didapatkan melalui proses pengambilan data secara langsung. Data primer penelitian ini adalah observasi ke Lokasi objek penelitian di daerah Jakarta Selatan, dan wawancara langsung dengan koordinator lapangan wilayah Jatinegara selaku penanggung jawab unit SPKLU di wilayah kerja Jatinegara

2. Data sekunder

Data sekunder adalah data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung, yaitu dari sumber data historis perusahaan.

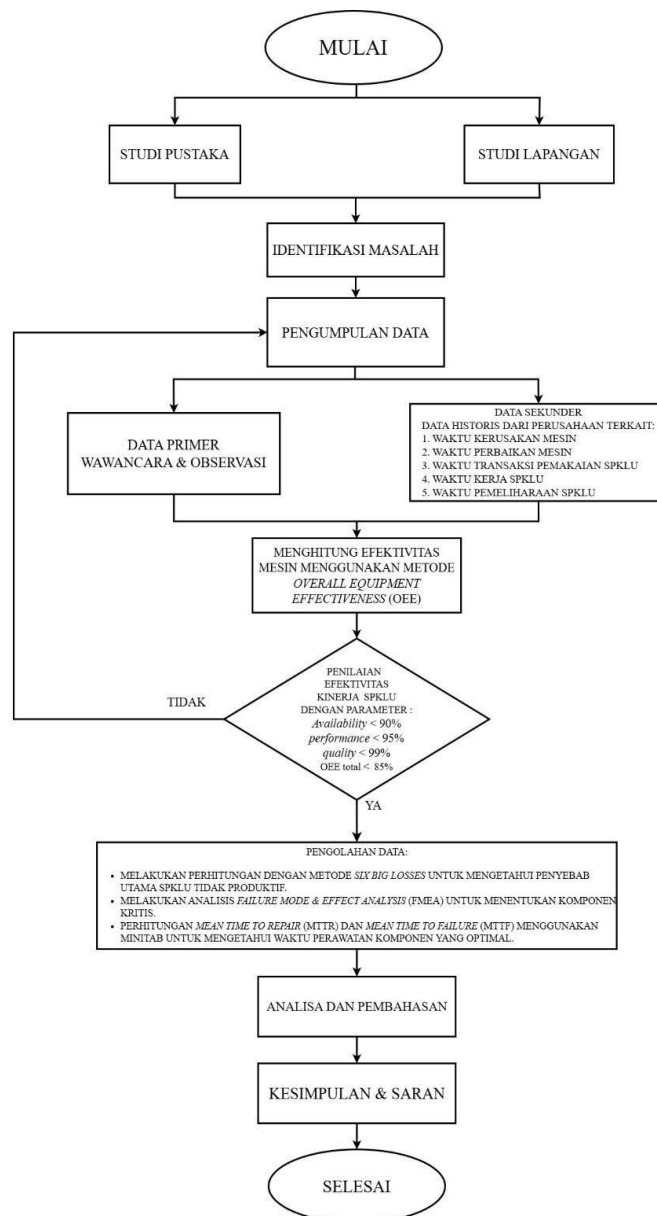
d. Pengolahan data

Setelah melakukan pengumpulan data, selanjutnya dilakukan pengolahan data. Proses pengolahan data yang dilakukan sebagai berikut:

- 1) Analisis efektivitas komponen dengan memakai metode OEE.
- 2) Mengidentifikasi faktor yang berpengaruh terhadap nilai OEE dengan pendekatan *six big losses*

- 3) Mengidentifikasi komponen kritis dalam SPKLU dengan pendekatan FMEA
- 4) Perhitungan TTF dan TTR komponen SPKLU
- 5) Analisis Distribusi dan parameter TTF dan TTR dengan menggunakan software minitab
- 6) Perhitungan MTTF dan MTTR
- 7) Penyusunan langkah perawatan mesin

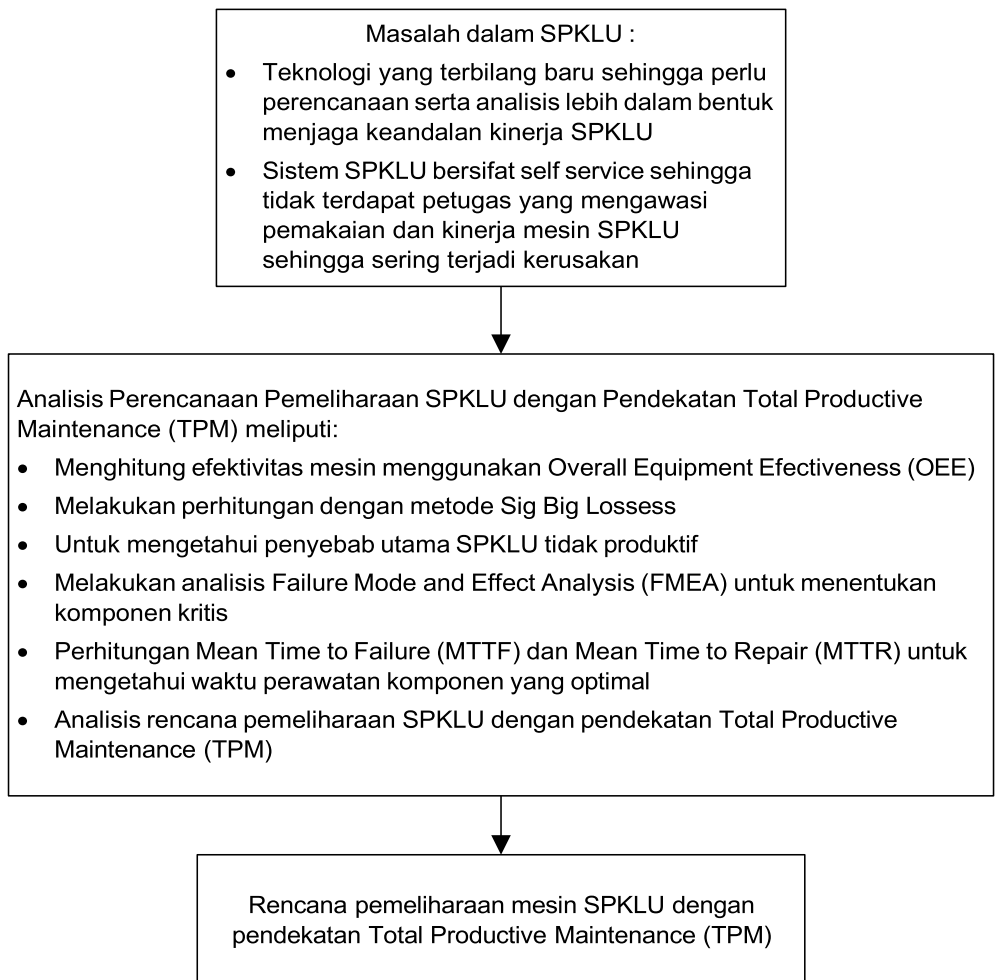
2.4 Diagram Alur Penelitian



Gambar 6 Diagram Alur Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi pustaka dan studi lapangan untuk memahami permasalahan yang terjadi, dilanjutkan dengan identifikasi masalah sebagai dasar fokus penelitian. Data dikumpulkan melalui wawancara, observasi, dan data sekunder yang mencakup informasi terkait produksi, waktu kerusakan dan perbaikan mesin, keterlambatan pengiriman SKU, proses SKU, serta pemantauan SKU. Selanjutnya, efektivitas mesin dihitung menggunakan metode Overall Equipment Effectiveness (OEE), dan jika nilai OEE kurang dari 85%, dilakukan evaluasi untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab rendahnya efisiensi mesin. Tahap akhir penelitian melibatkan analisis dan pembahasan hasil untuk menilai efektivitas rekomendasi, yang kemudian disimpulkan dan diberikan saran untuk perbaikan berkelanjutan.

2.5 Kerangka Berpikir



Gambar 7 Kerangka Berpikir