BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Produktivitas

Produktivitas merupakan salah satu faktor penting yang menentukan keberhasilan suatu perusahaan dalam menghadapi persaingan di dunia industri. Produktivitas dapat diartikan sebagai hubungan antara output yang dihasilkan dengan input yang digunakan dalam suatu proses produksi (Hartono & Fatkhurozi, 2021). Sumber daya yang dimaksud sebagai input meliputi tenaga kerja, mesin, bahan baku, modal, serta teknologi yang digunakan dalam proses produksi. Tingkat produktivitas yang tinggi menunjukkan kemampuan perusahaan dalam menghasilkan output yang maksimal dengan penggunaan input yang optimal, tanpa mengabaikan kualitas hasil yang diperoleh (Rabiatussyifa et al., 2022).

Berbeda dengan konsep yang hanya berorientasi pada satu aspek tertentu, produktivitas memiliki cakupan yang lebih luas karena menekankan keseimbangan antara beberapa unsur sekaligus. Unsur pertama adalah efisiensi, yaitu kemampuan memanfaatkan sumber daya secara optimal untuk menghasilkan output maksimal dengan input yang minimal. Unsur kedua adalah efektivitas, yaitu tingkat keberhasilan dalam mencapai tujuan atau target produksi yang telah ditetapkan. Unsur ketiga adalah kualitas produk, yang menjadi penting karena output yang dihasilkan harus memenuhi standar mutu agar dapat diterima oleh konsumen (Dinda Rahmawati Annisa, 2025).. Dengan demikian, suatu kegiatan produksi baru dapat dikatakan produktif apabila mampu menghasilkan output yang optimal secara kuantitas, tepat sasaran secara efektivitas, dan tetap memenuhi standar kualitas yang ditetapkan bukan sekadar unggul pada salah satu aspek saja.

Dalam konteks penelitian ini, konsep produktivitas menjadi dasar untuk menilai kinerja mesin *ribbon mixer* sebagai salah satu mesin utama dalam proses produksi pupuk dolomit. Penurunan efektivitas operasi mesin akibat *unplanned stoppage* dan

gangguan pada komponen seperti bearing dan blade secara langsung berdampak pada berkurangnya output yang dapat dihasilkan dari input waktu dan sumber daya yang sama, sehingga turut menurunkan efisiensi penggunaan sumber daya secara keseluruhan. Oleh karena itu, upaya meningkatkan efektivitas mesin melalui pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses* pada dasarnya merupakan upaya untuk menjaga produktivitas proses produksi, karena kedua metode tersebut membantu mengidentifikasi unsur *availability*, *performance*, atau *Quality* yang paling berkontribusi terhadap kesenjangan antara output aktual dan output optimal yang seharusnya dapat dicapai.

2.1.1 Faktor – faktor yang mempengaruhi Produktivitas Mesin

Menurut Waluyo, yang dikutip oleh Veronika (2024) Unsur-unsur produktivitas terdiri dari tiga unsur penting antara lain :

1. Efisiensi Produktivitas sebagai *output*/*input* adalah ukuran seberapa efisien Anda menggunakan *input*. Dalam membandingkan penggunaan masukan yang sebenarnya, efisiensi diukur. Pengertian tentang efisiensi lebih berfokus pada *input*.
2. Efektivitas: Ukuran yang menunjukkan seberapa jauh target dapat tercapai secara kualitas dan waktu.
3. Kualitas: Kualitas adalah ukuran produk produktivitas. Namun, sulit untuk mengukur kualitas melalui rasio *output* atau *input*. *Output* yang berkualitas tinggi secara tidak langsung meningkatkan rasio *output* atau *input* karena menambah nilai, yang berarti meningkatkan daya saing dan produktivitas. Oleh karena itu, salah satu alasan mengapa rasio *output* atau *input* meningkat adalah karena *output* yang berkualitas tinggi. Kualitas produk dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk lima faktor utama berikut:
    a. Rancangan Desain, Kualitas desain, atau desain, *output* tidak hanya bergantung pada desain produk saja, tetapi juga desain sistem yang memproduksinya. Dengan kemampuan manusia, desainer dapat

menyederhanakan desain sehingga dapat mengurangi jumlah material yang digunakan atau mengurangi jumlah material yang mahal tanpa mengurangi penampilannya. Selain itu, desain yang lebih baik tidak selalu memerlukan biaya yang tinggi.

b. Peralatan (*tools*), Kualitas *output* yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh peralatan (*tools*), kemampuan peralatan, mesin, dan perkakas yang digunakan. Jika peralatan masih dapat memenuhi toleransi rancangan dengan tepat dan dapat diandalkan, maka dapat diharapkan harga yang wajar dengan kualitas yang baik. Namun, jika kondisi tersebut tidak memenuhi, maka akan ada biaya yang tinggi, peningkatan jumlah limbah (*scrap*), dan produksi kembali produk yang tidak memenuhi syarat.
c. Material (*raw material*), Banyaknya jenis material yang digunakan suatu organisasi untuk memproduksi produknya membuat sangat penting untuk memperhatikan karakteristik material yang sesuai dengan spesifikasi. Jika material tidak memenuhi spesifikasi saat dibawa masuk ke dalam proses produksi, maka akan terjadi gangguan yang berdampak pada kualitas produk yang dihasilkan.
d. Penjadwalan (*schedule*), Untuk memenuhi kebutuhan pelanggan untuk menyediakan sejumlah produk dengan kualitas tertentu pada waktu yang telah disepakati bersama, diperlukan jadwal kegiatan yang terencana dengan baik. Jadwal yang tidak teratur akan berdampak pada *output* yang tidak mencapai standar yang diinginkan.
e. Unjuk kerja (*performance*), Performansi kerja manusia dipengaruhi oleh dua faktor: keterampilan dan motivasi. Keterampilan berasal dari latihan dan pengalaman, sedangkan motivasi berasal dari sikap dan lingkungan. Kombinasi keduanya akan menghasilkan produk yang lebih baik.

2.2 Efektivitas

Efektivitas dapat diartikan sebagai kemampuan suatu perusahaan dalam mencapai hasil yang sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dalam suatu periode produksi. Dengan kata lain, suatu kegiatan dikatakan efektif apabila dapat terlaksana sesuai dengan apa yang telah direncanakan sebelumnya, baik dari segi pencapaian sasaran maupun ketepatan waktu penyelesaiannya sesuai jadwal yang telah ditentukan. Efektivitas menjadi indikator penting dalam menilai keberhasilan suatu organisasi atau perusahaan dalam menjalankan kegiatan operasionalnya, karena mencerminkan sejauh mana sumber daya dan upaya yang telah dikeluarkan benar-benar membuahkan hasil sesuai target yang diharapkan.(Salekha & Apriliani, 2024).

Efektivitas dapat diukur melalui beberapa kriteria penting. Kriteria tersebut meliputi kejelasan tujuan yang hendak dicapai, kejelasan strategi dalam mencapai tujuan tersebut, proses analisis dan perumusan kebijakan yang tepat, perencanaan yang matang, penyusunan program yang sesuai, tersedianya sarana dan prasarana yang memadai, serta adanya sistem pengawasan dan pengendalian yang bersifat mendidik sehingga mampu mendukung tercapainya tujuan organisasi secara optimal. Dalam konteks kegiatan produksi secara khusus, efektivitas juga menggambarkan kemampuan perusahaan dalam mengelola dan memanfaatkan sumber daya yang dimiliki seperti tenaga kerja, mesin, bahan baku, serta waktu produksi secara optimal. Kemampuan tersebut dapat dicapai melalui perencanaan yang baik seperti proses *forecasting*, pelaksanaan pemeliharaan mesin (*maintenance*), serta pengendalian kualitas (*quality control*) yang dilakukan secara teratur. Kemampuan mengelola sumber daya secara efektif ini menjadi hal yang sangat penting bagi perusahaan, karena dapat membantu meningkatkan kinerja operasional, menjaga kualitas produk yang dihasilkan, serta mendukung tercapainya keuntungan dan keberlangsungan perusahaan dalam jangka panjang(Suhada et al., 2022).

Dalam konteks penelitian ini, konsep efektivitas menjadi dasar untuk menilai kinerja mesin ribbon mixer, karena tingkat efektivitas mesin pada dasarnya

mencerminkan sejauh mana mesin mampu beroperasi sesuai dengan waktu, kecepatan, dan kualitas output yang telah ditetapkan. Kriteria efektivitas seperti kejelasan target, perencanaan pemeliharaan, dan sistem pengawasan yang telah diuraikan di atas relevan dengan permasalahan *unplanned stoppage* yang ditemukan pada mesin ribbon mixer, di mana penghentian mesin yang tidak terencana menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi aktual dan kondisi ideal yang diharapkan. Oleh karena itu, pengukuran efektivitas mesin melalui metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada penelitian ini pada dasarnya merupakan upaya untuk mengukur secara kuantitatif sejauh mana mesin ribbon mixer telah beroperasi secara efektif, sekaligus mengidentifikasi aspek ketersediaan, kecepatan, atau kualitas yang paling berkontribusi terhadap kesenjangan tersebut.

2.3 Pemeliharaan (*Maintenance*)

Pemeliharaan dapat dijelaskan sebagai suatu kegiatan yang dilakukan untuk merawat suatu instalasi atau peralatan serta menempatkannya dalam kondisi yang siap digunakan sesuai dengan kebutuhan operasional. Dengan kata lain, pemeliharaan merupakan kegiatan yang bertujuan untuk menjamin agar aktivitas produksi dapat berjalan dengan baik melalui fasilitas atau peralatan yang berada dalam kondisi optimal serta mampu beroperasi sesuai dengan kapasitas produksi yang diinginkan. Kegiatan pemeliharaan sangat penting dalam menjaga kinerja mesin dan peralatan agar tetap stabil, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan yang dapat menghambat proses produksi. Perawatan mesin dilakukan dengan memiliki beberapa tujuan diantaranya : Untuk memperpanjang masa pakai asset, Untuk memastikan ketersediaan optimal dari peralatan yang digunakan untuk produksi, Untuk memastikan setiap saat ketersediaan operasional peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat, serta untuk memastikan keselamatan orang yang menggunakan fasilitas tersebut dan dapat menjamin kelangsungan proses produksi sehingga mampu menghasilkan produk dengan mutu yang baik serta biaya produksi yang sesuai dengan perencanaan yang telah ditetapkan oleh perusahaan (Tammya & Herwanto, 2021).

Maintenance atau pemeliharaan merupakan bagian penting dalam proses produksi perusahaan yang berperan dalam menunjang keberhasilan operasional perusahaan. Pemeliharaan yang tidak dilakukan secara tepat tidak hanya dapat menyebabkan kerusakan pada mesin atau peralatan, tetapi juga dapat menimbulkan berbagai kerugian lain seperti *breakdown time*, *stop time*, *setup time*, serta penurunan kecepatan produksi yang dapat menyebabkan variasi pada jumlah *output* produk yang dihasilkan. Oleh karena itu, kegiatan pemeliharaan dilakukan untuk merawat maupun memperbaiki peralatan produksi agar dapat digunakan secara efektif dan efisien sesuai dengan rencana produksi yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Pemeliharaan juga dapat didefinisikan sebagai kegiatan menjaga kondisi peralatan atau fasilitas pabrik serta melakukan perbaikan, pergantian, atau penyesuaian yang diperlukan guna memastikan bahwa proses produksi dapat berjalan dengan baik sesuai dengan perencanaan. Menurut beberapa ahli, pemeliharaan merupakan kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas maupun peralatan agar senantiasa berada dalam kondisi siap pakai, serta mencakup seluruh aktivitas yang berkaitan dengan menjaga sistem peralatan agar tetap dapat beroperasi secara optimal. Selain itu, kegiatan pemeliharaan juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelancaran proses produksi, karena apabila pemeliharaan mesin tidak dilakukan secara efektif maka dapat menyebabkan kerusakan mesin yang pada akhirnya berpotensi menimbulkan permasalahan lain seperti kekurangan material (*material shortage*) dalam proses produksi (Salekha & Apriliani, 2024).

Prinsip sistem pemeliharaan yaitu menekan atau memperpendek periode kerusakan (breakdown period) sampai batas waktu minimum dan menghindari kerusakan tidak terencana atau kerusakan tiba-tiba. Jenis-jenis *Maintenance*, yaitu: Pemeliharaan terencana (*planned Maintenance*), Pemeliharaan tidak terencana (*unplanned Maintenance*), Pemeliharaan mandiri (*autonomous Maintenance*) (Lestari & Szs, 2021).

2.3.1 Pemeliharaan Terencana (*Planned Maintenance*)

Perawatan terencana (*Planned Maintenance*) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terjadwal untuk menjaga kondisi mesin agar tetap beroperasi dengan baik. Perawatan ini meliputi beberapa jenis kegiatan, yaitu pemeliharaan pencegahan (*Preventive Maintenance*), pemeliharaan perbaikan (*Corrective Maintenance*), serta pemeliharaan berdasarkan prediksi (*Predictive Maintenance*). Tujuan dari *planned Maintenance* adalah untuk menjaga kondisi mesin agar terhindar dari kerusakan atau gangguan operasional, sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan mampu menghasilkan produk dengan kualitas yang baik serta memenuhi kepuasan pelanggan (Tammya & Herwanto, 2021).

2.3.2 Pemeliharaan Tak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Pemeliharaan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara mendadak atau dalam kondisi darurat, seperti pada saat terjadi kerusakan mesin (*breakdown* atau *emergency Maintenance*). Pemeliharaan ini dilakukan ketika mesin mengalami gangguan atau kerusakan yang tidak terduga sehingga memerlukan perbaikan segera agar dapat kembali beroperasi. Umumnya kegiatan pemeliharaan ini terjadi pada mesin yang tetap digunakan hingga mengalami kerusakan atau tidak dapat digunakan kembali, sehingga perbaikan dilakukan setelah terjadinya kerusakan tersebut (Tammya & Herwanto, 2021).

2.3.3 Pemeliharaan Mandiri (*Autonomous Maintenance*)

Pemeliharaan mandiri (*Autonomous Maintenance*) merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan langsung oleh operator mesin atau bagian perawatan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas serta efisiensi penggunaan mesin atau peralatan produksi. Dalam praktiknya, pemeliharaan mandiri biasanya dilakukan oleh operator mesin melalui kegiatan perawatan ringan, seperti pembersihan, pemeriksaan kondisi mesin, pelumasan, serta pengecekan komponen sederhana. Tujuan dari *autonomous Maintenance* adalah untuk mengurangi kemungkinan terjadinya

Downtime mesin, meningkatkan kinerja dan keandalan mesin, serta menjaga kondisi mesin agar tetap berada dalam keadaan optimal. Selain itu, kegiatan ini juga bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan mesin yang lebih serius, meningkatkan pemahaman operator terhadap kondisi dan cara kerja mesin, serta meminimalkan risiko terjadinya kecelakaan kerja karena operator lebih memahami sistem pengoperasian dan keamanan mesin yang digunakan (Tammya & Herwanto, 2021).

2.4 *Total Productive Maintenance* (TPM)

Total Productive Maintenance (TPM) adalah suatu program pemeliharaan yang mencakup konsep perawatan mesin dan peralatan produksi yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas perusahaan sekaligus meningkatkan kinerja serta moral kerja operator yang terlibat dalam proses produksi. TPM berfungsi untuk menjaga kondisi mesin dan peralatan agar selalu berada dalam keadaan optimal sehingga proses produksi dapat berjalan dengan lancar. Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan penerapan pemeliharaan secara preventif maupun prediktif guna mencegah terjadinya kerusakan mesin. Dengan menerapkan prinsip TPM secara konsisten, perusahaan dapat meminimalkan kemungkinan terjadinya kerusakan mesin, mengurangi waktu berhenti produksi, serta meningkatkan efektivitas dan efisiensi penggunaan peralatan produksi (Novalia et al., 2023).

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan konsep pemeliharaan yang diperkenalkan oleh Seiichi Nakajima dan berkembang pesat di Jepang dengan melibatkan seluruh karyawan dalam upaya mengoptimalkan efektivitas mesin dan peralatan produksi. Konsep ini bertujuan untuk mengurangi bahkan menghilangkan kerusakan mesin secara mendadak serta mendorong pelaksanaan pemeliharaan mandiri oleh operator. Tujuan ini dapat dicapai dengan melakukan pemeliharaan preventif dan prediktif. TPM merupakan suatu strategi yang digunakan untuk meningkatkan kinerja aktivitas pemeliharaan serta melakukan perbaikan secara menyeluruh pada lantai produksi (*production floor*) melalui integrasi antara budaya kerja, proses operasional,

dan teknologi yang digunakan dalam perusahaan (Lestari & Szs, 2021). Menurut (Gianfranco et al., 2022) TPM terbentuk dari tiga kata pembentuk, yaitu:

1. Total, Dalam hal ini TPM melibatkan setiap bagian personel di dalam perusahaan, mulai dari tingkatan atas hingga tingkatan yang bawah.
2. *Productive*, Fokus utama yang dilakukan yaitu melakukan pemeliharaan tanpa mengganggu jalannya produksi dan juga meminimalkan terjadinya masalah pada produksi saat dilakukannya proses pemeliharaan
3. *Maintenance*, Merupakan kegiatan perawatan peralatan yang dilakukan oleh operator produksi untuk menjaga kondisi peralatan agar tetap baik dan berfungsi dengan optimal. Kegiatan tersebut meliputi pembersihan, pelumasan, serta pemeriksaan rutin terhadap peralatan.

Total Productive Maintenance (TPM) merupakan suatu konsep pemeliharaan yang terdiri atas delapan pilar utama (*Eight Pillars of Total Productive Maintenance*) yang saling mendukung dalam meningkatkan efektivitas peralatan dan produktivitas perusahaan (Ramitsa & Indrawati, 2025). Adapun kedelapan pilar tersebut adalah sebagai berikut.

1. *Health and Safety*

   Pilar ini berfokus pada penciptaan lingkungan kerja yang aman, sehat, dan bebas dari risiko kecelakaan kerja. Tujuan utama penerapannya adalah mencapai kondisi *zero accident* sehingga seluruh aktivitas operasional dapat berlangsung dengan aman.
2. *Education and Training*

   Pilar ini menekankan pentingnya penyelenggaraan program pendidikan dan pelatihan yang sistematis serta terdokumentasi. Melalui pelatihan tersebut, operator diharapkan tidak hanya memahami prosedur kerja, tetapi juga memiliki kompetensi yang memadai dalam mengoperasikan dan merawat mesin secara benar.

3. *Autonomous Maintenance* (AM)

   Pilar *Autonomous Maintenance* bertujuan meningkatkan keterlibatan operator dalam kegiatan pemeliharaan dasar mesin. Operator dilatih untuk melakukan pemeriksaan, pembersihan, pelumasan, dan inspeksi rutin sehingga dapat mendeteksi gejala awal kerusakan dan mencegah terjadinya gangguan yang lebih serius.

4. *Planned Maintenance* (PM)

   Pilar ini menitikberatkan pada pelaksanaan pemeliharaan yang direncanakan secara sistematis berdasarkan kondisi maupun jadwal tertentu. Tujuannya adalah mengurangi kemungkinan terjadinya kerusakan mesin (*breakdown*) melalui identifikasi serta penanganan akar penyebab masalah sebelum gangguan terjadi.

5. *Quality Maintenance*

   Pilar *Quality Maintenance* berfokus pada upaya menjaga dan meningkatkan kualitas produk dengan meminimalkan variasi proses produksi. Hal tersebut dilakukan melalui pemantauan dan analisis kondisi mesin sehingga produk yang dihasilkan tetap memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan.

6. *Focused Improvement*

   Pilar ini bertujuan melakukan perbaikan secara berkelanjutan melalui identifikasi dan penyelesaian akar penyebab berbagai permasalahan yang terjadi di proses produksi. Penerapannya diharapkan mampu meningkatkan efisiensi, mengurangi pemborosan, dan menghasilkan perbaikan yang berkesinambungan.

7. *Support Systems*

   Pilar ini menekankan pentingnya peran seluruh departemen pendukung dalam menunjang kelancaran proses produksi. Setiap fungsi pendukung diharapkan mampu mengidentifikasi dan menyelesaikan permasalahan yang dapat memengaruhi efektivitas operasional perusahaan.

8. *Initial Phase Management*

   Pilar ini berfokus pada pengelolaan tahap awal perancangan dan pengembangan mesin maupun proses produksi. Tujuannya adalah memastikan setiap tahapan dirancang secara optimal sehingga peralatan yang digunakan memiliki tingkat keandalan tinggi serta mampu menghasilkan produk yang sesuai dengan kebutuhan pelanggan.

Oleh karena itu, *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat diartikan sebagai bentuk kerja sama yang terintegrasi antara bagian perawatan dan bagian produksi secara menyeluruh dengan tujuan meningkatkan produktivitas di area kerja, menekan biaya produksi, meningkatkan kinerja peralatan, serta mengembangkan sistem perawatan secara berkelanjutan dengan cara membuat proses tersebut lebih reliable dan lebih sedikit terjadi pemborosan (waste). Metode ini merupakan bagian dari *Lean Manufacturing* (Syarifuddin et al., 2023).

2.5 *Overall Equipment Effectiveness* (OEE)

Menurut Seiichi Nakajima (1988) dalam (Lestari & Szs, 2021), *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) merupakan suatu alat yang digunakan untuk mengukur tingkat efektivitas mesin atau peralatan produksi dengan mempertimbangkan beberapa aspek penting dalam proses perhitungannya, yaitu ketersediaan mesin (*availability*), kinerja mesin (*performance efficiency*), dan kualitas produk (*Quality*). Ketiga komponen tersebut digunakan untuk mengetahui seberapa optimal mesin atau peralatan digunakan dalam proses produksi. Tujuan utama dari OEE adalah untuk memaksimalkan efektivitas peralatan sehingga mampu meningkatkan produktivitas serta mengurangi kerugian dalam proses produksi. Selain itu, menurut (Novalia et al., 2023), OEE merupakan suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja peralatan produksi sebagai bagian dari upaya perbaikan berkelanjutan melalui penerapan konsep *Total Productive Maintenance* (TPM), sehingga perusahaan dapat meningkatkan efisiensi operasional dan menjaga kelancaran proses produksi (Alfarisi & Andesta, 2024).

OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) berfokus secara khusus pada pengukuran tingkat efektivitas keseluruhan suatu proses produksi dalam lingkungan manufaktur, di mana hasil perhitungannya dinyatakan dalam bentuk persentase yang merepresentasikan perbandingan performa antar unit manufaktur yang berbeda, sehingga memungkinkan perusahaan untuk membandingkan efisiensi mesin, garis produksi, atau pabrik satu dengan yang lain guna mengidentifikasi area perbaikan, mengoptimalkan *Downtime*, kecepatan operasi, serta kualitas *output* secara komprehensif (Tammya & Herwanto, 2021). OEE bukan hal baru dalam dunia industri dan manufaktur. Teknik pengukurannya sudah pernah dipelajari dari tahun ke tahun dengan tujuan untuk menyempurnakan perhitungan, sehingga hasil pengukuran OEE sangat berguna untuk memberikan kesempatan kepada bidang usaha manufaktur yang lain. Hasil dari perhitungan tersebut, nantinya akan dijadikan acuan untuk usulan perbaikan terhadap proses yang ada di perusahaan tersebut (Susanto et al., 2021).

Untuk menghitung nilai OEE maka perlu diketahui nilai masing-masing komponen tersebut:

1) *Availability Rate*

Availability adalah perbandingan antara waktu operasi mesin yang sebenarnya dengan waktu operasi yang telah direncanakan. Semakin tinggi nilai *availability*, maka semakin baik tingkat ketersediaan mesin tersebut. *Availability* rate menunjukkan rasio yang menggambarkan sejauh mana waktu yang tersedia dapat dimanfaatkan untuk menjalankan kegiatan operasi mesin (Ummah & Dahda, 2022). *Availability* rate dihitung dengan rumus :

$$availability\ rate = \frac{(loading\ time - down\ time)}{loading\ time} \times 100\% \ldots . (persamaan\ 2.1)$$

2) *Performance Rate*

Performance Rate adalah rasio yang menunjukkan kemampuan mesin atau peralatan dalam menghasilkan produk sesuai dengan kecepatan standar yang telah ditetapkan. Nilai *Performance Rate* yang rendah menunjukkan adanya penurunan kecepatan mesin selama proses produksi (Lestari & Szs, 2021). *Performance Rate* dihitung dengan rumus :

$$performance\ rate = \frac{processed\ amount \times ideal\ cycle\ time}{operating\ time} \times 100\%.. (persamaan\ 2.2)$$

3) Quality Rate

Quality rate merupakan perbandingan antara jumlah produk yang memenuhi standar kualitas dengan jumlah total produk yang dihasilkan selama proses produksi. Produk dinyatakan "OK" apabila telah melewati pengujian kualitas, sedangkan produk yang tidak memenuhi standar dikategorikan sebagai reject atau pending untuk dilakukan proses perbaikan atau penyortiran. Produk yang telah lolos kontrol kualitas selanjutnya dapat dikirim ke gudang sebagai produk siap distribusi.*Quality rate* adalah rasio mesin dalam menghasilkan suatu produk sesuai dengan standar yang telah ditetapkan (Salekha & Apriliani, 2024). *Quality rate* dihitung dengan rumus :

$$quality\ rate = \frac{processed\ amount - defect\ amount}{processed\ amount} \times 100\%.. (persamaan\ 2.3)$$

Rumus OEE :

$$OEE = Availability \times Performance \times Quality \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (persamaan\ 2.4)$$

Adapun standar dari JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) untuk TPM Indeks yang ideal yang dikutip oleh (Novalia et al., 2023) Adalah sebagai berikut :

1. *Availability* (AV) ≥ 90%
2. *Performance Efficiency* (PE) ≥ 95%
3. *Rate of Quality product* (RQ) ≥ 99%
4. *Overall Equipment Effectiveness*(OEE) ≥ 85%

2.6 *Six Big Losses*

Six Big Losses merupakan enam jenis kerugian yang dapat menurunkan tingkat efektivitas mesin atau peralatan produksi dan perlu diminimalkan oleh setiap perusahaan. Apabila mesin atau peralatan tidak beroperasi secara optimal, maka perusahaan berpotensi mengalami kerugian yang dapat mempengaruhi kinerja produksi secara keseluruhan. Kerugian tersebut umumnya disebabkan oleh penggunaan mesin dan peralatan yang kurang efisien dalam proses produksi. Keenam kerugian tersebut kemudian dikelompokkan ke dalam enam kategori utama yang dikenal sebagai *Six Big Losses*, yaitu *Equipment Failure Losses* (kerugian akibat kerusakan peralatan), *Setup and Adjustment Losses* (kerugian akibat proses pemasangan dan penyetelan mesin), *idle and minor stoppages losses* (kerugian akibat mesin menganggur atau berhenti dalam waktu singkat), *Reduced Speed Losses* (kerugian akibat penurunan kecepatan operasi mesin), *defect in process losses* (kerugian akibat produk cacat selama proses produksi), serta *Reduced yield losses* (kerugian yang terjadi pada awal proses produksi) (Ihsan & Nugroho, 2022).

Perusahaan perlu melakukan langkah-langkah pencegahan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakan mesin serta berupaya meminimalkan *Downtime* yang dapat mengganggu proses produksi. Beberapa faktor yang dapat menimbulkan kerugian bagi perusahaan antara lain rendahnya tingkat efisiensi mesin dan rendahnya produktivitas peralatan yang digunakan dalam kegiatan operasional. Kondisi tersebut berkaitan dengan adanya berbagai kerugian dalam proses produksi yang dikenal sebagai *Six Big Losses*, yaitu faktor-faktor yang menyebabkan menurunnya kinerja mesin akibat penggunaan peralatan yang kurang optimal sehingga berdampak pada penurunan efektivitas dan kinerja produksi (Syarifuddin et al., 2023). Terdapat enam jenis kerugian peralatan yang dapat menyebabkan mesin dan peralatan tidak beroperasi secara maksimal. Menurut (Dipa et al., 2022) Keenam kerugian tersebut dikenal sebagai *Six Big Losses* yang kemudian dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama berdasarkan jenis kerugian yang ditimbulkan, yaitu:

1. *Downtime losses*

Downtime losses merupakan waktu yang terbuang akibat dari kerusakan mesin. Terdapat 2 macam kerugian:

a. *Equipment Failure Losses*.

Kerugian yang disebabkan oleh kegagalan atau kerusakan peralatan disebut sebagai kerugian peralatan. Ini dapat melibatkan berbagai jenis peralatan dan dapat menyebabkan gangguan operasional, penurunan produktivitas, dan kerugian finansial. Untuk mengurangi dampak dan melindungi dari kerugian yang disebabkan oleh kegagalan peralatan, manajemen risiko dan asuransi sering digunakan.

Rumus :

$$Equipment\ Failure\ Losses = \frac{Equipment\ Failure\ Time}{loading\ time} \times 100\%..(persamaan\ 2.5)$$

b. *Setup and Adjustment Losses*

Merupakan kerugian yang terjadi setelah proses pengaturan mesin selesai. Istilah "kehilangan pengaturan dan penyesuaian" mengacu pada waktu dan produktivitas yang terjadi saat mengatur atau menyesuaikan peralatan untuk beralih dari satu jenis pekerjaan atau produksi ke jenis lainnya. Waktu yang diperlukan untuk menyiapkan mesin, mengatur alat, atau melakukan penyesuaian yang diperlukan agar peralatan dapat mulai memproduksi produk.

Rumus :

$$Setup\ and\ Adjusment\ Losses = \frac{Setup\ and\ Adjusment}{loading\ time} \times 100\%..(persamaan\ 2.6)$$

2. *Speed Losses*

Ketika kecepatan produksi menurun sehingga tidak mencapai tujuan yang diharapkan, disebut kehilangan kecepatan (*Speed Losses*). Ada dua kelemahan:

a. *Idle and Minor Stoppage Losses*

Kerugian *Idle and Minor Stoppage Losses* adalah kerugian yang disebabkan oleh penghentian mesin sesaat. Kerugian ini mencakup keadaan di mana peralatan tidak berfungsi atau mengalami berhenti sementara.

Rumus :

$$Idle\ and\ Minor\ Stoppage\ Losses = \frac{non\ productive\ time}{loading\ time} \times 100\%..(persamaan\ 2.7)$$

b. *Reduce Speed Losses*

Penurunan Kecepatan (*Reduce Speed Losses*) adalah kerugian yang disebabkan oleh penurunan kecepatan mesin sehingga operasi tidak dapat dilakukan sepenuhnya. Ini disebut sebagai kehilangan produktivitas yang disebabkan oleh penurunan kecepatan operasional peralatan atau mesin produksi. Ketika peralatan tidak bekerja dengan kapasitas atau kecepatan yang ideal, mereka menghasilkan produksi yang lebih lambat dari yang seharusnya.

Rumus :

$$Reduce\ Speed\ Losses = \frac{(Actual\ cycle\ time - ideal\ cycle\ time) \times \text{total produk yang diproses}}{loading\ time} \times 100\%..(persamaan\ 2.8)$$

3. Quality Losses

Kegagalan kualitas terjadi ketika produk yang dihasilkan tidak memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan. Ada dua kelemahan:

a. Defect Losses

Merupakan suatu kondisi dimana hasil produksi tidak sesuai standar.

Rumus :

$$Deffect\ Losses = \frac{(Total\ reject\ \times ideal\ cycle\ time)}{loading\ time} \times 100\% \ldots\ldots\ldots (persamaan\ 2.9)$$

b. *Reduce Yield Losses*

Merupakan suatu kondisi dimana terdapat produk cacat pada awal mesin dinyalakan hingga tercipta kondisi stabil

Rumus :

$$Reduce\ Yield = \frac{ideal\ cycle\ time \times total\ cacat\ awal\ produksi}{loading\ time} \times 100\% \ldots\ldots (persamaan\ 2.10)$$

2.7 *Root Cause Analysis* (RCA)

Root Cause Analysis (RCA) adalah metode analisis yang digunakan secara terstruktur untuk mengidentifikasi penyebab utama dari suatu kegagalan pada sistem atau peralatan. Metode ini bertujuan menemukan akar penyebab masalah agar dapat ditetapkan tindakan perbaikan yang efektif dalam mencegah terulangnya kejadian serupa. RCA juga bisa digunakan sebagai bentuk analisis atau pembahasan pada suatu masalah yang muncul selama proses produksi (Ferdinand & Widiasih, 2025). Dengan demikian, penerapan RCA diharapkan mampu meningkatkan keandalan dan tingkat ketersediaan sistem, sekaligus mendukung peningkatan keselamatan kerja, perlindungan terhadap pekerja, serta menjaga kelestarian lingkungan (Mubarok & Hariono, 2024).

Dalam penerapannya, akar penyebab (*root cause*) merupakan faktor paling mendasar yang menjadi sumber munculnya suatu permasalahan. Penyebab ini disebut sebagai akar masalah karena apabila berhasil diidentifikasi dan dihilangkan, maka kemungkinan terjadinya permasalahan yang sama dapat diminimalkan atau bahkan dicegah. Salah satu metode yang umum digunakan dalam RCA untuk menelusuri akar

penyebab tersebut adalah *Fault Tree Analysis* (FTA), yaitu suatu pendekatan analisis deduktif yang menggambarkan hubungan sebab-akibat antara kegagalan puncak (*top event*) dengan berbagai kegagalan dasar (*basic event*) penyebabnya dalam bentuk diagram pohon kegagalan (*fault tree diagram*) yang disusun menggunakan gerbang logika (*logic gate*) seperti AND dan OR (Wicaksono & Yuamita, 2022). Oleh karena itu, *Root Cause Analysis* (RCA) tidak hanya berfokus pada penanganan gejala yang tampak, tetapi juga menelusuri penyebab utama melalui proses analisis yang sistematis. Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar untuk melakukan perbaikan terhadap sistem yang sudah ada, baik melalui penyempurnaan prosedur, perancangan ulang proses kerja, maupun pengembangan sistem baru, sehingga potensi terulangnya kesalahan dapat dicegah secara efektif (Michael A. Irawan & Farida Pulansari, 2024).

Menurut Rooney dan Heuvel yang dikutip oleh (Pradana, 2023), *Root Cause Analysis* (RCA) merupakan suatu pendekatan yang sistematis untuk menemukan akar penyebab sesungguhnya dari suatu permasalahan. RCA dapat dipahami sebagai suatu struktur analisis yang menjelaskan hubungan sebab akibat dari suatu kejadian yang tidak diharapkan, sehingga mampu mengidentifikasi faktor-faktor yang memicu terjadinya masalah. Dengan demikian, metode ini tidak hanya berfokus pada pertanyaan "apa" yang terjadi dan "bagaimana" suatu permasalahan terjadi, tetapi juga menelusuri "mengapa" permasalahan tersebut dapat terjadi. Melalui pemahaman terhadap penyebab yang paling mendasar, organisasi dapat merumuskan tindakan perbaikan yang lebih tepat sasaran dan berkelanjutan sehingga kejadian serupa tidak kembali terulang.

2.8 *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) merupakan salah satu metode analisis kegagalan yang bersifat deduktif dan digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu kejadian yang tidak diinginkan (top event) melalui pendekatan sistematis dalam bentuk diagram pohon kesalahan, di mana top event tersebut diuraikan secara bertingkat ke dalam berbagai kejadian menengah (intermediate event) hingga diperoleh kejadian

dasar (basic event) sebagai akar penyebab masalah, dengan menggunakan simbol-simbol logika seperti gerbang AND dan gerbang OR untuk menggambarkan hubungan sebab-akibat antar peristiwa. Metode ini banyak digunakan dalam bidang rekayasa keandalan dan keselamatan sistem karena mampu memberikan gambaran visual yang jelas mengenai kombinasi kegagalan yang dapat menyebabkan terjadinya suatu kerusakan atau kecelakaan pada sistem, sehingga memudahkan dalam menentukan prioritas perbaikan pada faktor-faktor yang paling berpengaruh (Purnomo et al., 2023). Dalam konteks penelitian di bidang industri manufaktur, FTA sering digunakan bersama dengan metode *Six Big Losses* untuk menelusuri akar penyebab dari jenis kerugian mesin yang paling dominan, sebagaimana dilakukan dalam penelitian pada Purnomo (2023), yang menggunakan teknik analisis six big losses untuk mengidentifikasi jenis kerugian yang paling dominan pada mesin penggiling, kemudian dilanjutkan dengan teknik FTA untuk menentukan akar penyebab masalah, di mana hasil penelitian menunjukkan bahwa reduced speed losses merupakan kontributor terbesar terhadap rendahnya nilai OEE mesin akibat tidak adanya penggantian pisau penggiling secara berkala.

2.9 Diagram Pareto

Diagram Pareto adalah alat bantu berupa grafik batang yang digunakan untuk menyeleksi dan mengidentifikasi permasalahan utama dengan cara mengurutkan berbagai faktor penyebab berdasarkan besarnya kontribusi masing-masing terhadap suatu masalah, disusun dari kiri ke kanan mulai dari faktor dengan tingkat kepentingan atau frekuensi tertinggi hingga yang terendah. Diagram ini didasarkan pada prinsip 80/20, yang menyatakan bahwa sebagian besar masalah (sekitar 80%) umumnya disebabkan oleh sebagian kecil faktor (sekitar 20%), sehingga dengan menampilkan data secara visual dalam bentuk batang yang diurutkan, pengguna dapat dengan mudah melihat faktor-faktor mana yang paling signifikan dan perlu diprioritaskan untuk ditangani terlebih dahulu. Selain grafik batang, diagram Pareto biasanya juga dilengkapi dengan garis kumulatif yang menunjukkan persentase akumulasi kontribusi

dari setiap faktor, sehingga memudahkan analisis mengenai seberapa besar pengaruh gabungan dari beberapa faktor teratas terhadap keseluruhan permasalahan. Dengan menggunakan diagram ini, suatu organisasi atau tim dapat lebih fokus dalam mengalokasikan sumber daya, waktu, dan upaya perbaikan pada akar masalah yang memberikan dampak paling besar, alih-alih menyebar perhatian secara merata pada semua faktor yang ada, sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih efisien dan berbasis data (Lestari & Szs, 2021).

2.10 Penelitian Terdahulu

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul	Metode	Variasi yang digunakan	Kesimpulan
1	Cindy Novalia Dwi Pratama, Evi Yuliawati, dan Emma Budi Sulistiarini (2023)	Analisis Efektivitas Mesin Packer BG-04 dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* di Industri Pengolahan Tepung Terigu	OEE, *Six Big Losses*, Pareto, *Fishbone*, 5W+1H	*Availability*, *Performance*, *Quality*, *Six Big Losses*	Nilai OEE sebesar 60% belum mencapai standar 85%. Kerugian terbesar adalah Idling and Minor Stoppages *Losses* yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin.
2	Eris Tammya dan Dene Herwanto (2021)	Analisis Efektivitas Mesin Debarker Dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di PT. XYZ Kuningan, Jawa Barat	OEE dan *Six Big Losses*	*Availability*, *Performance*, *Quality*, *Six Big Losses*	Nilai OEE masih di bawah standar dunia (85%). Faktor dominan yang mempengaruhi efektivitas mesin adalah breakdown *losses* dan *Reduced Speed Losses*, sehingga diperlukan perawatan mesin yang lebih optimal.
3	Vivi Indah Lestari dan	Analisis Efektivitas Mesin pada Stasiun	OEE, *Six Big Losses*,	*Availability*, *Performance*,	Nilai OEE mesin berada pada rentang

No	Penulis	Judul	Metode	Variasi yang digunakan	Kesimpulan
	Joumil Aidil SZS (2021)	Ketel dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) di PT. XYZ	Pareto, *Fishbone*	*Quality*, *Six Big Losses*	78,21–85,58%, dan beberapa mesin belum mencapai standar 85%. Faktor dominan penyebab rendahnya OEE adalah idling and minor stoppages *losses* dan *Reduce*d *Speed Losses*.
4	May Dian Susanto, Deny Andesta, dan Mohammad Jufriyanto (2022)	Analisis Efektivitas Mesin Injection Moulding Menggunakan Metode OEE dan FMEA (Studi Kasus di PT. Cahaya Bintang Plastindo)	OEE, *Six Big Losses*, *Fishbone*, FMEA	*Availability*, *Performance*, *Quality*, *Six Big Losses*, *Risk Priority Number* (RPN)	Rata-rata nilai OEE sebesar 63,27% belum memenuhi standar 85%. Faktor terbesar yang mempengaruhi adalah *Reduce Speed Losses* dan breakdown *losses*, sehingga diperlukan preventive *Maintenance* dan autonomous *Maintenance*.
5	Syarifuddin, Syamsul Bahri, dan Edi Amali Yunus (2023)	Analisis Efektivitas Mesin Ripple Mill Dengan Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Six Big Losses* di PT Parasawita	OEE dan *Six Big Losses*	*Availability*, *Performance*, *Quality*, *Six Big Losses*	Nilai OEE mesin berkisar 64,37%–75,50% dan masih di bawah standar 85%. Kerugian terbesar berasal dari *Reduce*d *Speed Losses* dan idling minor stoppages yang menurunkan efektivitas mesin.
6	Nur Hidayatul Ummah & Said Salim Dahda (2022)	Analisis Efektifitas Kinerja Mesin Cutting Manual dan Otomatis Menggunakan Metode OEE	OEE & *Six Big Losses*	*Availability*, *Performance*, *Quality*, *Losses*	OEE CNC 73,24% dan manual 55,32% (belum standar 85%); dipengaruhi *losses* utama sehingga perlu perbaikan.

No	Penulis	Judul	Metode	Variasi yang digunakan	Kesimpulan
		(*Overall Equipment Effectiveness*) di PT. XYZ			
7	Kharisma Estri Salekha & Fany Apriliani (2024)	Analisis Efektivitas Mesin Extruder 1 dengan Metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) pada Perusahaan Penghasil Ban di Kabupaten Bogor	OEE & *Fishbone* Diagram	*Availability*, *Performance*, *Quality*	OEE 76,5% (belum 85%); masalah utama pada *performance*, perlu perbaikan metode & perawatan mesin.
8	Aldho Ferdinand & Wiwin Widiasih (2025)	Analisis Keandalan Mesin Blowing dengan OEE, RCA, dan Pendekatan Siklus PDCA di PT. XYZ	OEE, RCA, & PDCA	*Availability*, *Performance*, *Quality*, RCA	OEE 75%-81% (belum 85%); masalah utama pada faktor manusia & *losses*, perlu perbaikan *Maintenance* dan kinerja operator.
9	Nada Ambarwati, Devy Setiorini Sa'adiyah, Faishal Arham Pratikno, & Muqimuddin (2024)	Analisis Efektivitas Pemanfaatan Mesin Bubut Magnum Tech CW62100B dengan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Root Conflict Analysis (RCA+) di PT. XYZ	OEE, & RCA	*Availability, Performance, Quality, OEE, RCA+*	Nilai OEE mesin bubut sebesar 75% sehingga masih berada di bawah standar dunia (85%). Analisis RCA+ mengidentifikasi 12 akar penyebab ketidakefektifan mesin yang memiliki kontradiksi, sehingga diperoleh rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efektivitas mesin.

No	Penulis	Judul	Metode	Variasi yang digunakan	Kesimpulan
10	Yoseph Alfaretsco Ramitsa & Chatarina Dian Indrawati (2025)	Analisis Keandalan Mesin Centrifugal Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE), Root Cause Analysis (RCA), dan Total Productive Maintenance (TPM) di PT. XYZ	OEE, RCA & TPM	*Availability, Performance, Quality, Six Big Losses,* RCA	OEE 75–81% (belum 85%); masalah utama pada faktor manusia dan losses, sehingga diperlukan perbaikan maintenance dan kinerja operator.

Penelitian mengenai pengukuran efektivitas mesin dengan metode OEE telah banyak dilakukan, namun sebagian besar berfokus pada mesin produksi pupuk kimia/majemuk (seperti NPK) maupun mesin pada industri non-pupuk, dengan karakteristik bahan baku berupa hasil reaksi kimia atau material olahan yang relatif homogen. Penelitian ini berbeda dengan penelitian sebelumnya karena objek penelitian adalah mesin *ribbon mixer* yang digunakan untuk mencampur bahan baku berbentuk serbuk (*powder*) pada proses produksi pupuk dolomit, dengan karakteristik ukuran partikel, kehalusan, dan densitas serbuk yang tidak selalu seragam dibandingkan bahan baku pupuk kimia/majemuk yang umumnya lebih homogen. Karakteristik bahan baku serbuk tersebut memengaruhi kinerja mesin *ribbon mixer*, baik dari segi tingkat homogenitas hasil pencampuran, durasi waktu pencampuran yang dibutuhkan, maupun potensi keausan pada komponen mesin (seperti *ribbon blade* dan *bearing*) akibat sifat abrasif dari serbuk mineral. Kondisi ini menjadikan pola losses yang muncul pada mesin *ribbon mixer* berpotensi berbeda karakteristiknya dibandingkan mesin pencampur pada penelitian OEE sebelumnya, sehingga belum banyak dikaji secara spesifik. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan pendekatan OEE yang dikombinasikan dengan analisis *Six Big Losses* dan *Root Cause Analysis* untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk kerugian produksi serta akar penyebab masalah yang

spesifik terjadi pada mesin *ribbon mixer*, berdasarkan kondisi aktual di PT Polowijo Gosari Group, guna menghasilkan usulan perbaikan yang sesuai dengan karakteristik operasional mesin tersebut.