

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dunia industri saat ini terus mengalami perkembangan kemajuan, baik industri jasa, industri barang maupun industri makanan. Salah satu industri makanan yang berkembang ialah *home industry* Es Kristal Pratama yang berdiri sejak tahun 2017. *Home Industry* Es Kristal Pratama ini merupakan industri penyedia es kristal dan air mineral yang diberi nama Kangen Water yang dalam proses produksinya menggunakan mesin-mesin berteknologi modern. Secara umum, proses produksi pada pabrik Es Kristal Pratama dibedakan menjadi 3 tahap yaitu pengendapan, pensterilan dan pengkristalan. Mesin yang digunakan pada pabrik Es Kristal Pratama ialah mesin pompa, *cooling tower*, *condenser*, *compresor* dan *tower tube*. Tiap-tiap mesin memiliki fungsi masing-masing dan saling berkaitan satu dengan yang lainnya, apabila salah satunya mengalami kendala maka proses selanjutnya tidak dapat diproses.

Adapun salah satu mesin produksi es kristal yang sering mengalami kerusakan dibandingkan mesin lainnya ialah mesin pompa. Hal itu tampak pada 4 buah pompa yang sudah tidak dapat digunakan lagi untuk produksi selama pabrik beroperasi. Padahal mesin pompa sendiri merupakan mesin yang memiliki kontribusi yang besar dimana mesin ini berfungsi untuk memompa bahan baku untuk produksi es kristal dari sumur hingga tahap pengkristalan es. Salah satu kerusakan mesin pompa yang sering terjadi ialah rusaknya *bearing* pompa karena berkurangnya usia ekonomis komponen tersebut dan penggunaan yang berkelanjutan, kerusakan lainnya ialah kerusakan *belt* akibat dari panas gesekan putaran mesin yang selalu berputar. Kerusakan mesin juga dipicu dari proses produksi pabrik yang berlangsung secara terus menerus untuk memenuhi permintaan para konsumen tanpa melakukan perawatan rutin.

Oleh sebab itu, kegiatan proses produksi yang berkelanjutan perlu diimbangi dengan proses perawatan dan perbaikan yang optimal agar mesin produksi tidak mengalami kegagalan fungsi yang dapat membuat mesin berhenti beroperasi. Hal

ini tentunya tidak diinginkan perusahaan dikarenakan membuat perusahaan merugi karena terhentinya proses produksi. Kegagalan fungsi juga membuat tingginya anggaran biaya perawatan baik untuk pergantian suku cadang, pergantian mesin maupun biaya tenaga kerja. *Home Industry* Es Kristal Pratama sendiri saat ini menggunakan hanya melakukan perawatan ketika mesin/peralatan produksi tidak berfungsi dengan baik.

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis mencoba meneliti tentang “**Biaya Perawatan Mesin Produksi Es Kristal menggunakan Metode *Preventive Maintenance Policy* Pada *Home Industry* Es Kristal Pratama**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah “Dengan penerapan metode *preventif maintenance policy* dapat meminimalisasi kerusakan dan biaya perawatan mesin pompa pada produksi es kristal”.

1.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1 Tujuan Penelitian

Berpijak pada permasalahan tersebut, tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah dapat meminimalisasi kerusakan dan menentukan biaya perawatan mesin pompa yang optimal dengan sistem perawatan *preventive maintenance policy*.

1.3.2 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa diperoleh dari penelitian ini dalam bidang keilmuan adalah memberikan rekomendasi bagi Es Kristal Pratama dalam hal perawatan mesin pompa dengan biaya perawatan yang optimal menggunakan *preventive maintenance policy*.

1.4 Batasan Masalah dan Asumsi

1.4.1 Batasan Masalah

Batasan permasalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin yang diamati yakni mesin pompa produksi es kristal dengan berbagai komponen yang terpasang didalamnya.
2. Penelitian dengan metode *preventive maintenance policy* hanya menganalisis biaya yang dikeluarkan perusahaan tidak sampai kepada analisis mengenai dampak berkelanjutan dari *preventive* yang dilakukan.

1.4.2 Asumsi

Dalam membahas permasalahan yang dihadapi digunakan beberapa asumsi untuk memudahkan dalam pemecahan permasalahan yaitu:

1. Informasi dan data yang diperoleh dari perusahaan dianggap benar dan cukup mewakili untuk data penelitian ini.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dibuat untuk memudahkan dalam pembahasan dan penyelesaian masalah dalam penelitian ini. Penjelasan mengenai sistematika penulisan ialah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Memuat kajian singkat tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan dan mamfaat penelitian, batasan masalah, asumsi dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang dasar teori untuk mendukung kajian yang akan dilakukan dalam penelitian, konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk pemecahan masalah penelitian sehingga perhitungan dan analisis dilakukan secara teoritis. Tinjauan Pustaka diambil dari berbagai sumber yang berhubungan langsung dengan permasalahan yang dikaji dalam penelitian.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Mengandung uraian tentang tempat dan waktu penelitian, metode penelitian, tahapan yang dilalui dalam penyelesaian masalah secara umum yang berupa gambaran terstruktur dalam bentuk *flowchart* sesuai

dengan permasalahan yang ada dimulai dari studi pendahuluan, pengumpulan data sampai dengan pengolahan data dan analisis.

BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Berisi tentang data yang diperoleh selama penelitian dan bagaimana mengolah data tersebut secara bertahap. Pengolahan data dilakukan dengan pendekatan-pendekatan yang sesuai dengan metode yang dipergunakan. Hasil pengolahan data ditampilkan dalam bentuk tabel maupun grafik. Pengolahan data yang dilakukan termasuk juga analisis singkat dari hasil yang diperoleh untuk acuan analisa dan evaluasi yang ditulis pada sub bab V yaitu analisa dan evaluasi.

BAB V : ANALISIS DAN EVALUASI

Melakukan analisis hasil yang telah diperoleh dari hasil pengolahan data dan memuat hasil yang diperoleh dengan hasil yang diharapkan yang kemudian dilakukan evaluasi terhadap hasil tersebut.

BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat tentang kesimpulan yang diperoleh dari hasil pembahasan berupa pernyataan singkat dan tepat. Selain itu juga terdapat saran-saran yang berkaitan dengan penelitian ini baik untuk perusahaan maupun untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perawatan

Menurut Assauri (2004) dalam Yuan Badrianto, dkk (2022), menyatakan bahwa perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas/peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penyesuaian/penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan (Badrianto et al., 2022). Sedangkan menurut Jatira dan Amri Abdullah (2021), perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang, memperbaikinya sampai pada suatu kondisi yang dapat diterima. Merawat dari pengertian “suatu kondisi yang dapat diterima” berarti antara satu perusahaan dengan lainnya itu berbeda (Jatira & Amri Abdullah, 2021).

Dari dua pengertian tersebut, kegiatan perawatan menjadi suatu aktivitas yang tidak dapat diabaikan dalam proses produksi. Kegiatan ini harus terjadwal dengan baik untuk menghindarkan dari terhambatnya proses produksi. Perawatan terdidiari atas dua macam, yaitu perawatan terencana atau perawatan berkala dan perawatan tidak terencana atau perbaikan yang terjadi jika peralatan mengalami kegagalan fungsi (Furqon & Pramono, 2019).

Secara alamiah, tidak ada produk yang dibuat oleh manusia yang tidak akan mengalami kerusakan, tetapi usia produktivitasnya dapat diperpanjang. Penanganan masalah tersebut yaitu dengan menerapkan jadwal perawatan dan perbaikan berkala terhadap mesin-mesin produksi. Perawatan yaitu keseluruhan rangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempertahankan mesin dan peralatan pada kondisi operasional dan aman, serta apabila terjadi kerusakan dapat dikendalikan (Pranowo, 2019).

Tujuan dari dibentuknya bagian perawatan dalam suatu perusahaan atau industri yaitu (Arsyad & Sultan, 2018):

1. Agar fasilitas-fasilitas industri, bangunan dan peralatan lainnya selalu dalam keadaan siap pakai secara optimal.

2. Menjamin kelangsungan produksi sehingga dapat membayar kembali modal yang telah ditanamkan dan akhirnya akan mendapatkan keuntungan yang besar.

2.2 Fungsi Perawatan

Perawatan memiliki fungsi sebagai berikut (Wijaya et al., 2020):

1. Memperpanjang usia mesin dan peralatan produksi yang ada dalam perusahaan.
2. Memperlancar proses pelaksanaan produksi perusahaan yang bersangkutan.
3. Menghindarkan dari kemungkinan sekecil mungkin kerusakan-kerusakan berat dari mesin dan peralatan produksi selama proses produksi berjalan.
4. Peralatan produksi yang digunakan dapat berjalan stabil dan baik, maka proses dan pengendalian kualitas proses harus dilaksanakan dengan baik pula.
5. Menghindarkan mesin dan peralatan produksi yang digunakan dari kerusakan total.
6. Apabila mesin dan peralatan produksi berjalan dengan baik, maka penyerapan bahan baku dapat berjalan normal.
7. Penggunaan mesin dan peralatan produksi pada perusahaan berjalan dengan lancar, maka pembebanan mesin dan peralatan produksi yang ada semakin baik.

Perawatan di suatu industri merupakan salah satu faktor penting untuk menunjang proses produksi yang memiliki daya saing pasar. Produk yang dihasilkan harus mempunyai kriteria sebagai berikut: kualitas baik, harga pantas, diproduksi dan diserahkan ke konsumen dengan waktu yang cepat. Oleh karena itu, proses produksi harus didukung oleh mesin yang bekerja secara terus menerus dan memiliki kehandalan yang baik. Pemecahan masalah tersebut ialah dengan melakukan pemeliharaan yang terjadwal dan terencana untuk peralatan penunjang produksi (Wijaya et al., 2020).

2.3 Jenis Perawatan

Secara umum, pekerjaan perawatan dikategorikan dalam dua jenis, yaitu: perawatan terencana (*planned maintenance*) dan perawatan tak terencana (*unplanned maintenance*) (Mulyono, 2017).

2.3.1 Perawatan Terencana

Perawatan terencana adalah perawatan yang dijadwalkan dan dilaksanakan dengan pemikiran ke masa yang akan datang. Perawatan dilakukan sesuai dengan pengendalian dan pencatatan sesuai rencana yang telah ditentukan (Arsyad & Sultan, 2018). Perawatan terencana terbagi atas:

2.3.1.1 Perawatan Korektif

Perawatan yang mengacu pada tindakan yang diambil hanya ketika kegagalan sistem atau komponen telah terjadi. Tugas tim perawatan biasanya melakukan perbaikan sesegera mungkin. Biaya yang terkait dengan pemeliharaan korektif termasuk biaya perbaikan (misalnya, mengganti komponen, tenaga kerja, dan bahan habis pakai) produksi yang hilang dan penjualan yang hilang (Roberge, 2007). Pemeliharaan ini meliputi reparasi minor, terutama untuk perawatan jangka pendek yang mungkin timbul diantara pemeriksaan (Badrianto et al., 2022). Seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik (Pradityarahan & Hidayat, 2020).

2.3.1.2 Perawatan Preventif

Perawatan preventif dilakukan secara teratur untuk menjaga tingkat operasi fasilitas tetap tinggi dan untuk mengurangi kerusakan peralatan dan gangguan operasi. Perawatan preventif mengurangi keadaan darurat dengan mengantisipasi keausan pada properti, bangunan dan peralatan. (Rondeau et al., 2006). Perawatan preventif dalam produksi yang beroperasi dalam sistem berkelanjutan adalah proses yang berkembang dari waktu ke waktu (Wessel and Sillivant 2015).

Preventive maintenance sangat penting karena kegunaannya yang sangat efektif di dalam menghadapi fasilitas-fasilitas produksi yang termasuk dalam

golongan “*critical unit*”. Sebuah fasilitas atau peralatan produksi akan termasuk golongan “*critical unit*” apabila (Badrianto et al., 2022):

1. Kerusakan fasilitas/peralatan tersebut dapat membahayakan kesehatan dan keselamatan para pekerja.
2. Kerusakan fasilitas/peralatan dapat mempengaruhi kualitas dari hasil produksi yang dihasilkan.
3. Kerusakan fasilitas/peralatan dapat menyebabkan berhentinya seluruh proses produksi.
4. Investasi / modal atau harga perolehan dari fasilitas / peralatan yang digunakan cukup besar.

Dalam praktiknya *preventive maintenance* yang diterapkan pada perusahaan dibedakan menjadi:

a. *Routine Maintenance*

Kegiatan pemeliharaan terhadap kondisi mesin dengan penggantian komponen yang rusak atau aus secara rutin (Pranowo, 2019).

b. *Periodic Maintenance*

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara periodik dalam jangka waktu tertentu, perawatan dilakukan dengan melakukan pengecekan berkala dan memulihkan bagian mesin yang rusak (Pranowo, 2019).

c. *Running Maintenance*

Aktivitas pemeliharaan yang dilakukan saat proses produksi sedang berlangsung. Pemeliharaan ini diterapkan pada mesin yang harus terus beroperasi dengan cara mengawasi secara aktif (Pranowo, 2019).

d. *Shutdown Maintenance*

Pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan pada saat mesin produksi sengaja diberhentikan (Pranowo, 2019).

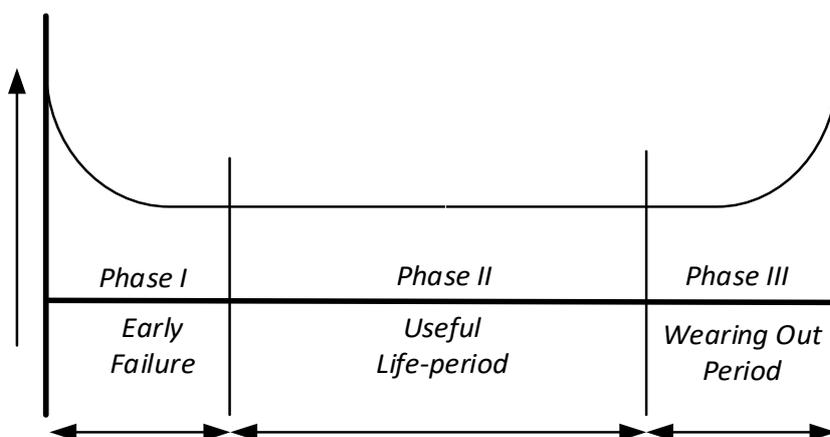
Keuntungan dari penerapan sistem perawatan *preventive* ialah sebagai berikut (Furqon & Pramono, 2019):

1. Waktu terhentinya proses produksi menjadi berkurang.

2. Berkurangnya biaya tenaga kerja perawatan dari kerja lembur.
3. Berkurangnya waktu untuk menunggu peralatan yang dibutuhkan.
4. Berkurangnya biaya perbaikan untuk perawatan.
5. Penggantian suku cadang yang direncanakan dapat dihemat kebutuhannya sehingga suku cadang selalu tersedia di gudang.
6. Keselamatan kerja operator lebih tinggi karena berkurangnya kerusakan peralatan.

2.3.1.3 Perawatan Prediktif

Perawatan prediktif adalah metode untuk mencegah kegagalan peralatan, dengan menganalisis data di seluruh produksi untuk menunjukkan perilaku yang tidak biasa dari sebelumnya, untuk memastikan Langkah-langkah yang tepat dapat diambil untuk menghindari periode waktu henti yang lama (Mukhril, 2021). Perawatan prediktif mengacu pada perawatan berdasarkan kondisi sebenarnya dari suatu komponen. Perawatan tidak dilakukan menurut jadwal pencegahan tetap, melainkan bila ada perubahan tertentu dalam karakteristik yang dicatat (Roberge, 2007). Dengan adanya *predictive maintenance* perusahaan dapat memprediksi kapan waktu memperbaiki mesin sehingga kinerja mesin tetap berjalan dengan lancar dan tidak ada hambatan (Fitriyani, 2019). Gambar dibawah ini merupakan diagram analisis *predictive maintenance* yang memiliki banyak fungsi untuk acuan waktu perbaikan dana analisis perbaikan mesin-mesin di perusahaan.



Gambar 2. 1 Diagram Analisa Prediktif
(Fitriyani, 2019)

Bagian *early failure* menunjukkan pengecekan kerusakan awal dan perawatan ringan yang ada pada mesin-mesin produksi. Fase kedua adalah penggunaan mesin-mesin secara *full* untuk proses produksi, sedangkan fase ketiga ialah fase perawatan mesin setelah proses produksi seperti pergantian komponen dan perbaikan lainnya (Fitriyani, 2019).

2.3.2 Perawatan Tak Terencana

Perawatan tak terencana adalah perawatan *emergency* yang perlu segera dilaksanakan tindakan untuk mencegah akibat yang serius, misal berhentinya produksi, kerusakan besar pada mesin atau keselamatan kerja. Umumnya, sistem perawatan ini dilaksanakan jika sebuah peralatan dibiarkan atau tanpa sengaja rusak hingga akhirnya peralatan tersebut kan dipakai kembali maka diperlukan perbaikan atau perawatan. Agar proses produksi berjalan lancar, maka kegiatan perawatan harus dijaga dengan langkah antara lain (Badrianto et al., 2022):

1. Menambah jumlah peralatan dan perbaikan para tenaga kerja bagian *maintenance*, dengan demikian akan diperoleh waktu rata-rata kerusakan dari mesin lebih rendah.
2. Menggunakan perawatan pencegahan, agar dapat mengganti suku cadang yang sudah dalam keadaan kritis sebelum rusak.
3. Diadakannya suatu cadangan didalam suatu sistem produksi pada tingkat kritis, sehingga mempunyai tempat parallel apabila terjadi kerusakan mendadak. Adanya suku cadang membuat perusahaan dapat berjalan terus tanpa menimbulkan kerugian akibat mesin yang berhenti beroperasi.
4. Mengadakan percobaan untuk menghubungkan tingkat-tingkat sistem produksi lebih cermat dengan mengadakan suatu persediaan cadangan di berbagai tingkat produksi.

2.4 Kegiatan Perawatan

Kegiatan perawatan yang dilakukan suatu perusahaan meliputi kegiatan sebagai berikut:

1. *Inspection* (Inspeksi)

Kegiatan utama dari inspeksi adalah pemeriksaan rutin berkala dan berdasarkan rencana. Adapun pengecekan dilakukan terhadap seluruh asset produksi, mulai dari bangunan sampai peralatan mesin. Seluruh asset harus mampu menunjang kegiatan produksi, dan jika ditemukan adanya kegagalan fungsi harus segera dilaporkan pada bagian teknis. Pelaporan adalah kegiatan akhir dari inspeksi. Berdasarkan temuan di lapangan dapat ditentukan prioritas utama dalam hal perbaikan, penggantian komponen hingga pembelian peralatan baru (Wijaya et al., 2020).

2. *Engineering* (Kegiatan Teknik)

Kegiatan teknik meliputi kegiatan percobaan (*testing*) terhadap peralatan yang umumnya baru saja dibeli dan kegiatan pengembangan peralatan yang perlu diganti, serta melakukan penelitian-penelitian terhadap kemungkinan pengembangan tersebut. Pada kegiatan ini, dapat dilihat kemampuan-kemampuan untuk mengadakan perubahan dan perbaikan bagi perluasan dan kemajuan dari fasilitas atau peralatan perusahaan. Oleh karena itu, kegiatan Teknik ini sangat diperlukan dalam perbaikan mesin-mesin yang rusak dimana tidak didapatkan atau diperoleh komponen yang sama sesuai yang dibutuhkan (Badrianto et al., 2022).

3. *Production* (Kegiatan Produksi)

Kegiatan ini merupakan kegiatan perawatan yang sebenarnya, yaitu merawat, memperbaiki peralatan yang rusak serta penggantian komponen peralatan. Secara fisik, kegiatan ini melaksanakan pekerjaan yang diusulkan dalam kegiatan inspeksi dan teknik. Kegiatan produksi apabila terdapat kerusakan pada mesin maka segera dilakukan usaha-usaha perbaikan (Badrianto et al., 2022). Kegiatan diawali dengan kebersihan mesin, lingkungan, perawatan pelumasan, pengecekan kesiapan kerja mesin dan keselamatan kerja. (Wijaya et al., 2020).

4. *Clerical Work* (Kegiatan Administrasi)

Kegiatan administrasi merupakan kegiatan yang penting, dikarenakan kegiatan ini ialah kegiatan yang merekam sejarah pemakaian peralatan dan

mesin. Pencatatan dilakukan juga untuk melihat apakah kinerja peralatan sesuai dengan harapan, dan jika tidak apakah pelaksanaannya sudah sesuai dengan Prosedur Operasional Standar (POS) (Wijaya et al., 2020). Kegiatan administrasi berhubungan juga dengan pencatatan biaya-biaya pekerjaan perawatan dan juga yang terjadi dalam pelaksanaan perawatan, *sparepart* yang dibutuhkan, *progress report* yang telah dilakukan, waktu dilakukan inspeksi dan perbaikan, serta lamanya perbaikan tersebut (Badrianto et al., 2022).

5. *House Keeping* (Pemeliharaan Bangunan)

Kegiatan ini merupakan kegiatan untuk menjaga agar bangunan tetap terpelihara dan terjaga kebersihannya (Badrianto et al., 2022). Kegiatan pemeliharaan bangunan dilakukan agar fasilitas pendukung produksi dapat mendukung produksi (Wijaya et al., 2020).

2.5 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan diagram yang menggambarkan perbandingan masing-masing jenis data terhadap keseluruhan. Dengan diagram pareto akan terlihat masalah yang lebih dominan dan tentunya dapat mengetahui prioritas penyelesaian masalah. Titik diagram pareto digambarkan dengan grafik batang yang menunjukkan masalah berdasarkan urutan banyaknya kejadian. Masalah yang paling banyak terjadi ditunjukkan oleh grafik batang pertama yang tertinggi serta ditempatkan pada sisi paling kiri dan seterusnya sampai masalah yang paling sedikit terjadi ditunjukkan oleh grafik batang terakhir yang terendah serta ditempatkan pada sisi paling kanan (Fitrianan et al., 2021). Fungsi diagram pareto yaitu (Fitrianan et al., 2021):

1. Menunjukkan masalah
2. Menyatakan perbandingan masing-masing persoalan terhadap keseluruhan.
3. Menunjukkan tingkat perbaikan setelah tindakan perbaikan pada daerah yang terbatas.

Prinsip pareto dikenal juga dengan aturan 80/20 yaitu dengan melakukan 20% dari pekerjaan bisa menghasilkan 80% manfaat dari pekerjaan itu (Bong et al., 2019). Konsep pareto mengajarkan untuk menerapkan prinsip skala prioritas atau mendahulukan mana yang penting (Kuswadi & Mutiara, 2004).

Langkah yang perlu dilakukan untuk menyajikan data dalam bentuk grafik sesuai fungsi pareto yaitu (Al-Assaf, 2009):

1. Identifikasi suatu masalah yang akan diteliti.
2. Kumpulkan data yang akan diteliti.
3. Kelompokkan data menurut jenisnya.
4. Hitung frekuensi setiap data dari kategori tertentu dan hitung total frekuensinya.
5. Frekuensi setiap kategori diletakkan pada grafik batang dan susunlah menurut frekuensi dari yang terbanyak hingga yang terkecil dari kiri ke kanan.
6. Jumlahkan nilai-nilai persentase grafik batang dan hitung nilai total kumulatif diseluruh tiap-tiap grafik batang. Letakkan nilai totalnya pada grafik yang sama tetapi dalam bentuk grafik garis. Untuk memudahkan pekerjaan pembuatan grafik pareto dapat menggunakan aplikasi seperti Microsoft Excel, Minitab dan sebagainya.

2.6 Distribusi Kerusakan

Distribusi-distribusi kerusakan dapat bervariasi untuk menyatakan distribusi yang paling sesuai terhadap data-data kerusakan. Distribusi probabilitas yang digunakan secara umum ialah sebagai berikut

1. Distribusi Eksponensial

Distribusi eksponensial banyak digunakan dalam rekayasa keandalan karena distribusi ini dapat mempresentasikan fenomena distribusi waktu yang mengalami kegagalan dari suatu komponen atau sistem. Parameter yang dipakai adalah parameter λ yaitu rata-rata kedatangan kerusakan yang terjadi (Ponidi, 2022). Fungsi-fungsi dari distribusi ini:

- a. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$t > 0, \lambda \geq 0$$

- b. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

- c. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(T) = e^{-\lambda t}$$

- d. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(T) = \frac{f(t)}{R(t)} = \lambda$$

Dimana:

t = Waktu

λ = Rasio kegagalan konstan

2. Distribusi Weibull

Distribusi weibull dikembangkan oleh w.weibull pada awal tahun 1950. distribusi ini merupakan salah satu dari distribusi yang paling banyak digunakan di bidang rekayasa keandalan. Hal ini dikarenakan distribusi tersebut memiliki kemampuan untuk memodelkan data-data yang berbeda dan banyak dengan pengaturan nilai parameter bentuk. Distribusi weibull memiliki dua parameter yaitu parameter skala dan parameter bentuk (Ponidi, 2022).

Fungsi-fungsi dari distribusi

- a. Fungsi kepadatan probabilitas

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

b. Fungsi distribusi komulatif

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

c. Fungsi keandalan

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

d. Fungsi laju kerusakan

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

Dimana:

t = Waktu

β = Parameter bentuk

α = Parameter skala

3. Distribusi Normal

Distribusi normal (gaussian) berguna untuk menggambarkan pengaruh penambahan waktu ketika dapat menspesifikasikan waktu antar kerusakan berhubungan dengan ketidakpastian (Ponidi, 2022). Distribusi normal mempunyai fungsi sebagai berikut

a. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

b. Fungsi distribusi komulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dt = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

c. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$$

d. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \phi\left(\frac{t - \mu}{\sigma}\right)}$$

Dimana:

t = Waktu

ϕ = Distribusi normal standar

μ = Mean dari $\ln(t)$

σ = Standar deviasi dari $\ln(t)$

4. Distribusi Lognormal

Distribusi lognormal sangat cocok untuk menggambarkan lamanya waktu perbaikan suatu komponen mesin. Fungsi-fungsi dari distribusi lognormal ialah

a. Fungsi kepadatan probabilitas

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi st}} e^{\left[\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{t_{med}}\right)\right]^2}$$

b. Fungsi distribusi kumulatif

$$F(t) = \int_{-\infty}^t \frac{1}{\sqrt{2\pi st}} e^{\left[\frac{1}{2s^2} \left(\ln \frac{t}{t_{med}}\right)\right]^2} dt = \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

c. Fungsi keandalan

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)$$

d. Fungsi laju kerusakan

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - \phi\left(\frac{1}{s} \ln \frac{t}{t_{med}}\right)}$$

Dimana:

t = Waktu

s = Parameter skala

t_{med} = Median dari waktu kerusakan

2.7 Biaya Perawatan

Biaya adalah pengeluaran sumber daya ekonomi oleh perusahaan untuk menghasilkan barang atau jasa yang mampu memberikan mamfaat baik untuk mmasa kini maupun masa depan. Biaya terbagi atas biaya variabel, biaya tetap dan biaya campuran (Pardamean, 2014).

Terdapat berbagai macam biaya dalam perawatan, dimana biaya tersebut adalah biaya-biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dalam melakukan kegiatan perawatan. Adapun biaya dalam perawatan ialah sebagai berikut (Pranowo, 2019):

a. Biaya tenaga kerja.

Biaya tenaga kerja yang dikeluarkan perusahaan untuk merawat komponen-komponen mesin agar mesin tetap terjaga kondisinya. Perhitungan biaya ini didasarkan pada besarnya gaji tenaga kerja per bulan dibagi dengan jam kerja efektif tenaga kerja tersebut selama bulan yang bersangkutan. Biaya tenaga kerja untuk melakukan pemeliharaan dan perbaikan dianggap sama.

b. Biaya suku cadang.

Biaya suku cadang merupakan biaya penggantian kerusakan komponen atau pembelian komponen baru.

c. Biaya akibat pemeliharaan.

Biaya yang merupakan biaya pendapatan yang hilang selama mesin atau fasilitas produksi mengalami kegagalan (gabungan dari biaya operasional dan laba perusahaan).

Dengan demikian pola perawatan yang optimal perlu dicari supaya antara biaya perawatan dan biaya kerusakan bisa seimbang pada *total cost* yang paling minimal. *Preventive Cost* merupakan biaya yang timbul karena adanya perawatan mesin yang memang sudah dijadwalkan dan menyebabkan mesin produksi terhenti pada waktu produksi sedang berjalan.

Perhitungan biaya perawatan menggunakan metode *preventive maintenance policy* dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Fitriyani, 2019):

1. Menghitung jumlah *breakdown* komulatif yang diharapkan dari kerusakan

(Bn) untuk semua komponen selama periode *preventive maintenance* ($T_p = n$).

$$B_n = N \sum_i^n p_i n + B_{(n-1)} p_1 + B_{(n-2)} p_2 + B_{(n-3)} p_3 + \dots + B_{(1)} p_1 (n-1)$$

2. Menentukan jumlah rata-rata *breakdown* per bulan (B) dengan menentukan perbandingan jumlah *breakdown* kumulatif (Bn) dengan periode *Preventive Maintenance* (n).

$$B = \frac{B_n}{n}$$

3. Memperkirakan biaya *repair* per bulan

$$TCr(n) = \left(\frac{B_n}{n} \right) Cr$$

4. Memperkirakan biaya *preventive maintenance* per bulan

$$TCm(n) = \frac{N.Cm}{n}$$

5. Menghitung biaya total perawatan mesin secara keseluruhan

$$TMC(n) = TCr(n) + TCm(n)$$

Dimana:

Bn : *Breakdown* kumulatif

N : Jumlah mesin

Cr : Biaya perbaikan

TMC(n) : Biaya total perawatan per periode

TCr(n) : Biaya *repair* per periode

TCm(n) : *Biaya preventive maintenance* per periode

N : Jumlah periode