

Meminimalkan Total *Maintenance Cost* Pada Mesin *Injection Molding* Sendok Takar Obat Cv Xyz Menggunakan Analisis *Repair Policy* Dan *Preventive Maintenance Policy*

1st Zidnie Arfan

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

zidniesungkar@student.telkomuniversit
y.ac.id

2nd Dida Diah Damayanti

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

didadiah@telkomuniversity.ac.id

3rd Haris Rachmat

Fakultas Rekayasa Industri
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

harisrachmat@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—CV XYZ, sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri plastik di Bandung, Jawa Barat, menghadapi tantangan dalam meminimalkan total maintenance cost pada mesin injection molding yang digunakan untuk memproduksi sendok takar obat. Dalam tugas akhir ini, tujuan utamanya adalah untuk mengusulkan strategi optimal untuk minimisasi biaya maintenance mesin produksi, khususnya pada mesin injection molding, dengan fokus pada pengurangan biaya tanpa mengorbankan kualitas dan keandalan operasional.

Penelitian ini menggunakan metode Repair Policy dan preventive maintenance policy, karena metode ini dapat membantu dalam meminimalkan biaya pemeliharaan serta mengoptimalkan kinerja mesin produksi. Dengan menganalisis Repair Policy dan preventive maintenance policy, strategi pemeliharaan yang efektif dan efisien dapat dikembangkan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan strategi minimasi biaya pemeliharaan yang berbasis pada analisis Repair Policy dan preventive maintenance policy secara signifikan berhasil mengurangi total biaya pemeliharaan. Optimasi biaya pemeliharaan tidak hanya menurunkan frekuensi kegagalan mesin tetapi juga meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. Ini berkontribusi pada penurunan biaya operasional dan peningkatan produktivitas.

Dengan strategi ini, CV XYZ berhasil meningkatkan keandalan dan efisiensi operasional melalui pengurangan downtime dan biaya produksi. Implementasi kebijakan pemeliharaan yang optimal juga memberikan dampak positif pada kualitas produk, memastikan bahwa CV XYZ dapat terus memenuhi kepuasan pelanggan dengan produk berkualitas tinggi. Penelitian ini menyediakan kerangka kerja yang dapat diadaptasi oleh perusahaan lain dalam industri serupa untuk mengatasi tantangan pemeliharaan mesin produksi.

Kata kunci— *Injection molding, Preventive maintenance policy, Repair policy, Total maintenance cost.*

I. PENDAHULUAN

CV XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam produksi dan distribusi produk plastik yang berlokasi di Bandung, Jawa Barat. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis produk plastik, seperti kemasan makanan, botol,

kantong plastik, dan barang-barang plastik lainnya yang digunakan dalam berbagai sektor, termasuk makanan dan minuman, farmasi, serta industri rumah tangga. Produk-produk ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan dan pasar. CV XYZ fokus pada kualitas tinggi untuk memenuhi standar industri dan kebutuhan pelanggan, dengan proses kontrol kualitas yang ketat untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman dan berkualitas. CV XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam produksi dan distribusi produk plastik yang berlokasi di Bandung, Jawa Barat. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis produk plastik, seperti kemasan makanan, botol, kantong plastik, dan barang-barang plastik lainnya yang digunakan dalam berbagai sektor, termasuk makanan dan minuman, farmasi, serta industri rumah tangga. Produk-produk ini dapat disesuaikan dengan kebutuhan pelanggan dan pasar. CV XYZ fokus pada kualitas tinggi untuk memenuhi standar industri dan kebutuhan pelanggan, dengan proses kontrol kualitas yang ketat untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman dan berkualitas. [1]. Namun, mesin injection molding sering mengalami downtime, yang mengakibatkan pengeluaran biaya yang signifikan. Berikut adalah data biaya yang dikeluarkan oleh CV XYZ untuk setiap downtime yang dialami oleh mesin *injection molding*.

II. KAJIAN TEORI

A. Maintenance (Maintenance)

Menurut Riadi (2019) pemeliharaan atau perawatan (maintenance) adalah serangkaian aktivitas yang bertujuan untuk memastikan fasilitas dan peralatan selalu dalam kondisi optimal untuk mendukung produksi secara efektif dan efisien, sesuai dengan jadwal dan standar kualitas yang telah ditetapkan. Dalam lingkungan perusahaan manufaktur, fungsi pemeliharaan memiliki peran penting yang sejajar dengan fungsi utama lainnya seperti produksi. Hal ini tercermin dari upaya berkelanjutan untuk menggunakan

fasilitas dan peralatan secara optimal, mirip dengan bagaimana individu menjaga peralatan pribadinya. Tujuannya adalah agar peralatan produksi perusahaan dapat beroperasi secara efektif, memastikan kelancaran proses produksi.

Untuk mempertahankan kualitas produksi dan kelancaran operasional, diperlukan kegiatan pemeliharaan yang meliputi inspeksi, pelumasan, perbaikan, serta penyesuaian atau penggantian komponen yang rusak. Tugas ini merupakan tanggung jawab dari departemen pemeliharaan, yang tidak hanya memastikan operasi pabrik berjalan sesuai jadwal, tetapi juga meningkatkan efisiensi dengan mengurangi hambatan produksi.

Namun, kurangnya perhatian terhadap pemeliharaan sering kali menyebabkan kegiatan ini dilakukan secara tidak teratur. Sering kali, pentingnya pemeliharaan baru disadari setelah terjadi kerusakan mesin yang signifikan. Padahal, pemeliharaan yang teratur seharusnya menjamin kelancaran produksi tanpa gangguan yang diakibatkan oleh masalah teknis.

Pemeliharaan dapat didefinisikan sebagai aktivitas untuk menjaga dan merawat fasilitas serta peralatan pabrik melalui perbaikan, penyesuaian, atau penggantian yang diperlukan, sehingga operasi produksi dapat berjalan sesuai rencana. Sistem pemeliharaan yang baik berdampak positif pada kinerja industri secara keseluruhan dan dapat mengontrol biaya operasional. Dengan pemeliharaan yang tepat, peralatan dapat berfungsi sesuai jadwal, menghindari kerusakan yang bisa mengganggu produksi, dan memastikan kelancaran operasional. Tujuan utama dari fungsi pemeliharaan adalah untuk mendukung kebutuhan produksi, menjaga kualitas produk, mengurangi penggunaan berlebihan atau penyimpangan, serta menekan biaya pemeliharaan tanpa mengorbankan efisiensi dan efektivitas.

Selain itu, pemeliharaan juga penting untuk memastikan keamanan pekerja serta membangun kolaborasi yang baik dengan fungsi-fungsi lain di perusahaan. Semua ini dilakukan untuk mencapai tujuan akhir perusahaan, yaitu meningkatkan keuntungan dan meminimalkan biaya total.

B. Manajemen *Maintenance*

Menurut Burhani dkk. (2022) manajemen pemeliharaan adalah pengelolaan kegiatan perawatan yang dilakukan melalui proses perencanaan, pengorganisasian, dan pengendalian operasi pemeliharaan untuk memastikan performa optimal. Pada awalnya, pemeliharaan dianggap tidak terlalu penting dan tidak memerlukan manajemen khusus karena dipandang sebagai bagian dari operasi perusahaan yang berlangsung secara alami. Namun, seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, manajemen pemeliharaan semakin diprioritaskan karena kontribusinya yang besar terhadap keberhasilan perusahaan.

Seiring dengan meningkatnya persaingan global, peran pemeliharaan juga berubah. Pemeliharaan kini bukan hanya sebagai tindakan darurat untuk memperbaiki kerusakan, tetapi melalui penerapan sistem, infrastruktur, proses, dan prosedur yang tepat dan konsisten, kegiatan pemeliharaan dapat mengurangi kerugian, menjaga kestabilan operasional, memaksimalkan output produksi, dan memastikan produk berkualitas tinggi secara berkelanjutan.

Pemeliharaan sendiri didefinisikan sebagai serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk menjaga fasilitas tetap dalam

kondisi yang sama seperti saat pemasangan awal, sehingga dapat beroperasi sesuai kapasitas produksinya. Secara umum, manajemen pemeliharaan melibatkan perencanaan, pengorganisasian, penempatan tenaga kerja, implementasi program, serta metode kontrol dalam kegiatan pemeliharaan. Tujuan utamanya adalah untuk mengoptimalkan kinerja pemeliharaan dengan meningkatkan keandalan dan ketersediaan sistem atau peralatan melalui perencanaan, pengorganisasian, pengaturan tenaga kerja, serta pengawasan dan evaluasi yang efektif.

C. Sistem Manajemen *Maintenance* Terintegrasi

Menurut Mann, Jr., Lawrence (1976) sistem Manajemen Pemeliharaan Terintegrasi merupakan pendekatan yang menggabungkan berbagai unsur dalam pemeliharaan mesin atau peralatan. Unsur-unsur tersebut mencakup fasilitas (machine), penggantian komponen (material), biaya perawatan (money), perencanaan kegiatan pemeliharaan (method), dan operator pemeliharaan (man). Tujuan dari sistem ini adalah untuk menjamin efektivitas dan efisiensi dalam pelaksanaan pemeliharaan, serta mencapai keandalan dan ketersediaan peralatan yang tinggi.

Berikut beberapa aspek terkait dengan sistem manajemen pemeliharaan terintegrasi.

1. Pemantauan Proses Penjadwalan dan Pelaksanaan Pemeliharaan: Sistem ini menyederhanakan pemantauan jadwal dan pelaksanaan pemeliharaan, serta mencatat sejarah pemeliharaan untuk setiap mesin.
2. Manajemen Suku Cadang: Dapat digunakan untuk mengawasi pemakaian suku cadang dan menghasilkan data pemeliharaan yang terstruktur dan terpusat.
3. Integrasi dengan Sistem Informasi Akuntansi: Sistem ini dapat diintegrasikan dengan sistem informasi akuntansi yang digunakan oleh perusahaan.

D. *Maintenance Planning and Scheduling*

Perencanaan adalah upaya yang diterapkan guna memenuhi spesifikasi proyek yang telah ditetapkan dalam batasan kualitas, waktu, dan biaya, sambil memastikan faktor keselamatan terjaga. Penjadwalan adalah proses pengalokasian waktu yang tersedia untuk setiap pekerjaan, guna menyelesaikan proyek dengan hasil yang optimal, sambil mempertimbangkan keterbatasan yang ada [2]. Proses perencanaan ini tidak hanya mencakup pemahaman mendalam terhadap persyaratan proyek, tetapi juga analisis risiko yang mungkin muncul selama pelaksanaan. Dengan demikian, perencanaan yang matang akan meminimalisir potensi kesalahan dan meningkatkan efisiensi dalam pelaksanaan proyek. Penjadwalan yang baik memungkinkan tim proyek untuk mengidentifikasi prioritas pekerjaan, mengoptimalkan penggunaan sumber daya, dan mengantisipasi hambatan yang mungkin terjadi. Dengan mempertimbangkan berbagai keterbatasan seperti ketersediaan tenaga kerja, material, dan kondisi cuaca, penjadwalan yang efektif dapat memastikan proyek diselesaikan tepat waktu, sesuai dengan anggaran yang direncanakan, dan menghasilkan hasil yang maksimal.

E. *Repair Policy*

Corrective Maintenance atau repair policy adalah strategi pemeliharaan yang dilakukan setelah mesin atau peralatan mengalami kegagalan atau kerusakan. (Nasution dkk., 2021).

Fokus dari pendekatan ini adalah untuk memperbaiki peralatan yang mengalami kerusakan agar dapat kembali beroperasi sebagaimana mestinya. Corrective Maintenance biasanya dilakukan secara ad hoc tanpa adanya rencana yang spesifik sebelumnya, sehingga sering kali disebut sebagai pemeliharaan reaktif.

Kelebihan dari repair policy antara lain corrective maintenance tidak memerlukan pengeluaran biaya pemeliharaan sebelum terjadi kerusakan, sehingga pada awalnya terlihat lebih ekonomis, implementasi corrective maintenance relatif sederhana karena tidak memerlukan analisis dan perencanaan yang mendetail sebelum kerusakan terjadi. Kekurangannya antara lain pendekatan ini sering kali menyebabkan downtime yang tidak terencana, yang dapat berdampak negatif pada produktivitas dan menyebabkan biaya kerugian yang besar, kerusakan yang terjadi bisa saja menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada komponen lain, sehingga biaya perbaikan menjadi lebih tinggi dibandingkan jika kerusakan tersebut dapat dicegah sebelumnya.

F. Preventive Maintenance Policy

Preventive Maintenance adalah serangkaian kegiatan perawatan yang dilakukan secara rutin, termasuk pemeriksaan, perbaikan, penggantian, pembersihan, pelumasan, dan penyesuaian. Selama proses ini, diperlukan lembar pemeriksaan (check sheet) untuk mengidentifikasi kondisi mesin yang tidak sesuai. (Khadafi, 2021).

Keuntungan dari preventive maintenance adalah pencegahan kerusakan mesin melalui perawatan berkala, seperti pemeriksaan rutin dan penggantian suku cadang. Dengan melakukan perawatan yang terjadwal, biaya perbaikan besar dapat ditekan. Selain itu, preventive maintenance menjaga keandalan peralatan, mengurangi risiko kecelakaan akibat kegagalan mesin, serta meminimalkan downtime yang dapat merugikan, sehingga meningkatkan produktivitas dan menghindari kerugian finansial (Kadriadi dkk., 2024). Namun, kelemahannya termasuk biaya perawatan yang bisa lebih tinggi karena dilakukan secara berkala tanpa memperhatikan kondisi aktual peralatan. Hal ini bisa menyebabkan beberapa kegiatan perawatan dilakukan secara berlebihan, sehingga terjadi pemborosan sumber daya. Preventive maintenance adalah pendekatan perawatan yang terencana untuk menghindari kerusakan yang tidak terduga selama proses produksi. (Ansori, 2013).

1. Perhitungan Biaya Maintenance Preventif (Cm).

Untuk menghitung biaya maintenance preventif, dilakukan dengan

$$Cm = (\text{Biaya TK} \times \text{Waktu Kerja} \times \text{Jumlah TK}) + (\text{Biaya Komponen})$$

(II.1.6.1)

2. Biaya Maintenance Preventif yang Diperkirakan.

a. Kumulatif jumlah breakdown/1 bulan operasi

$$B1 = N \times P1$$

(II.1.6.2)

b. Rata-rata jumlah breakdown/1 bulan operasi

$$B = Bn/n = B1/1$$

(II.1.6.3)

c. Perkiraan biaya repair/ 1 bulan operasi

$$TCr1 = B.Cr$$

(II.1.6.4)

d. Biaya preventive maintenance/1 bulan operasi

$$TCm1 = (N.Cm)/n$$

(II.1.6.5)

e. Total biaya maintenance/1 bulan operasi

$$TMC(1) = TCr(1) + TCm(1) + TCd$$

(II.1.6.6)

G. Reliability-Centered Maintenance

Reliability-Centered Maintenance (RCM) adalah pendekatan sistematis yang digunakan untuk mengevaluasi fasilitas dan sumber daya guna mencapai tingkat keandalan yang tinggi. RCM melibatkan analisis mendalam pada setiap komponen sistem untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling efektif, berdasarkan dampak kegagalan dan pentingnya komponen tersebut terhadap keselamatan, operasional, dan biaya. Menurut Robie (2015), keunggulan RCM dibandingkan metode pemeliharaan lainnya terletak pada fokusnya terhadap konsekuensi kegagalan, bukan hanya karakteristik teknis. Namun, kelemahan dari RCM adalah implementasinya yang memerlukan waktu, biaya, serta pemahaman yang mendalam. Selain itu, ada risiko *over-engineering* dan ketidakefisienan pada skala kecil, serta ketergantungan pada data kegagalan yang akurat, yang jika tidak tersedia, dapat menghasilkan rencana pemeliharaan yang kurang optimal.

H. Condition-Based Maintenance

Menurut [NO_PRINTED_FORM] [5], Condition-Based Maintenance (CBM) adalah perawatan yang dilakukan berdasarkan durasi operasi mesin yang telah ditetapkan oleh pabrikan serta kondisi aktual mesin tersebut. CBM mengandalkan data kondisi peralatan untuk menentukan kapan pemeliharaan perlu dilakukan, sehingga tindakan pemeliharaan dilakukan hanya saat benar-benar diperlukan. Condition-Based Maintenance (CBM) memiliki kelebihan dalam mengoptimalkan pemeliharaan dengan hanya melakukan perawatan saat kondisi mesin menunjukkan bahwa pemeliharaan diperlukan, sehingga mengurangi downtime dan biaya perawatan yang tidak perlu. Kekurangan dari CBM adalah memerlukan sistem monitoring dan analisis yang canggih, sehingga dapat menjadi mahal dan kompleks untuk diterapkan, terutama pada peralatan yang tidak dilengkapi dengan teknologi sensor yang memadai.

I. Repair (Perbaikan)

Pengujian dilakukan secara menyeluruh pada komponen hingga mencapai kondisi yang dapat diterima. Maintenance perbaikan merupakan jenis perawatan terencana di mana prosesnya mencakup perawatan menyeluruh terhadap sistem, dengan harapan sistem menjadi lebih andal (Ansori & Mustajib, 2008).

Repair (perbaikan) adalah tindakan yang dilakukan ketika terjadi kerusakan. Dalam memilih antara kebijakan perawatan repair dan *preventive maintenance*, dapat digunakan metode yang ada untuk menentukan biaya total perawatan (total maintenance cost) yang paling rendah. Kebijakan perbaikan (*repair policy*) dapat dihitung menggunakan rumus tertentu.

1. Metode repair policy (Kebijakan Perbaikan) dapat dicari menggunakan

rumus sebagai berikut :

TMC (repair policy) = TCr
(II.1.9.2)

$TCr = B \times Cr$ (II.1.9.2)

$B = N/Tb$
(II.1.9.3)

$Cr = (\text{Total Biaya Komponen})/(\text{Jumlah komponen yang diganti})$
(II.1.9.4)

$Tb = \sum$
(II.1.9.5)

dimana,

TCr = estimasi biaya perbaikan per bulan nya.

B = jumlah rata-rata kerusakan (*breakdown*) per bulan nya untuk N mesin.

Cr = biaya perbaikan mesin nya.

Tb = rata-rata waktu operasi per mesin sebelum rusak.

N = jumlah mesin.

Biaya repair policy yang diperkirakan

$TMC(n) = TCr + TCd$

(II.1.9.6)

dimana :

TCr = Biaya Perbaikan

TCd = Biaya *downtime*.

III. METODE

Proses perancangan tugas akhir terdiri dari beberapa langkah, dimulai dari pengumpulan data, perancangan, verifikasi, dan validasi hingga tahap penyelesaian. Alur ini menunjukkan bagaimana data primer dan sekunder dimanfaatkan untuk mengidentifikasi masalah, mengklasifikasikan jenis kerusakan, menghitung kemungkinan kerusakan, memperkirakan biaya perbaikan, serta menetapkan kebijakan perbaikan yang sesuai.

A. Deskripsi Mekanisme Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Data primer mencakup kondisi proses produksi yang ada saat ini serta informasi terkait proses produksi. Sedangkan data sekunder meliputi informasi mengenai jenis kerusakan dan biaya perbaikan. Berikut adalah jenis data dan proses pengumpulan data yang telah dilakukan.

B. Tahapan Perancangan

Setelah data terkumpul, dilakukan identifikasi akar permasalahan, pengklasifikasian kerusakan, perhitungan probabilitas kerusakan, serta penentuan biaya perbaikan. Hasil dari tahap ini digunakan untuk merancang strategi pemeliharaan yang tepat, termasuk *preventive maintenance* dan *repair policy*.

C. Deskripsi Mekanisme Verifikasi dan Validasi

Pada tahap ini, rancangan strategi pemeliharaan yang telah dibuat diverifikasi dan divalidasi agar sesuai dengan kondisi aktual. Proses ini bertujuan untuk memastikan implementasi strategi pemeliharaan yang efektif. Setelah

verifikasi dan validasi, langkah terakhir adalah implementasi strategi pemeliharaan yang telah dirancang. Tahap ini meliputi pemberian pelatihan, pengadaan suku cadang, dan pelaksanaan perawatan sesuai dengan kebijakan yang telah ditetapkan.

IV. HASIL

A. Data Kerusakan Mesin

Data kerusakan mesin *injection molding* periode Januari 2022 hingga Desember 2022 telah dikumpulkan dan dianalisis. Data ini mencakup jumlah kerusakan yang terjadi setiap bulan dan diklasifikasikan ke dalam tiga kategori antara lain Kelas A, Kelas B, Kelas C. Pengklasifikasian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat keparahan kerusakan dan frekuensi terjadinya masing-masing kelas kerusakan.

Periode	Bulan	Jumlah Kerusakan			Total
		Kelas A	Kelas B	Kelas C	
1	Jan-22	4	0	1	5
2	Feb-22	3	1	0	4
3	Mar-22	4	0	0	4
4	Apr-22	2	2	0	4
5	May-22	2	0	1	3
6	Jun-22	4	1	0	5
7	Jul-22	3	2	0	5
8	Aug-22	2	1	1	4
9	Sep-22	3	1	0	4
10	Oct-22	4	1	0	5
11	Nov-22	3	2	0	5
12	Dec-22	4	0	1	5
Total		38	11	4	53

Berdasarkan data tersebut, kerusakan Kelas A terjadi sebanyak 38 kali dari Januari 2022 hingga Desember 2022, kerusakan Kelas B terjadi sebanyak 11 kali dalam periode yang sama, dan kerusakan Kelas C tercatat sebanyak 4 kali. Berikut adalah klasifikasi kerusakan mesin menurut kategori yang terjadi pada CV XYZ.

1. Kerusakan Kelas A

Kerusakan kelas A meliputi kerusakan yang membutuhkan perbaikan yang memiliki biaya hingga Rp 250.000.

2. Kerusakan Kelas B

Kerusakan kelas B meliputi kerusakan yang membutuhkan perbaikan yang memiliki biaya Rp 250.001 hingga 500.000.

3. Kerusakan Kelas C

Kerusakan kelas C meliputi kerusakan yang membutuhkan perbaikan yang memiliki biaya lebih dari Rp 500.000.

B. Probabilitas Kerusakan

Menentukan probabilitas kerusakan adalah langkah penting dalam manajemen pemeliharaan yang proaktif, yang berfokus pada pencegahan masalah sebelum terjadi, sehingga meningkatkan efisiensi, mengurangi biaya, dan memastikan operasi yang lebih andal dan aman. Probabilitas kerusakan untuk setiap periode dihitung dengan membagi jumlah kejadian kerusakan dalam periode tersebut dengan total keseluruhan kejadian kerusakan.

Periode	Bulan	Kelas A	Probabilitas Kerusakan Mesin
1	Jan-22	4	0,11
2	Feb-22	3	0,08
3	Mar-22	4	0,11
4	Apr-22	2	0,05
5	May-22	2	0,05
6	Jun-22	4	0,11
7	Jul-22	3	0,08
8	Aug-22	2	0,05
9	Sep-22	3	0,08
10	Oct-22	4	0,11
11	Nov-22	3	0,08
12	Dec-22	4	0,11
Total		38	

Periode	Bulan	Kelas B	Probabilitas Kerusakan Mesin
1	Jan-22	0	0,00
2	Feb-22	1	0,09
3	Mar-22	0	0,00
4	Apr-22	2	0,18
5	May-22	0	0,00
6	Jun-22	1	0,09
7	Jul-22	2	0,18
8	Aug-22	1	0,09
9	Sep-22	1	0,09
10	Oct-22	1	0,09
11	Nov-22	2	0,18
12	Dec-22	0	0,00
Total		11	

Periode	Bulan	Kelas C	Probabilitas Kerusakan Mesin
1	Jan-22	1	0,25
2	Feb-22	0	0,00
3	Mar-22	0	0,00
4	Apr-22	0	0,00
5	May-22	1	0,25
6	Jun-22	0	0,00
7	Jul-22	0	0,00
8	Aug-22	1	0,25
9	Sep-22	0	0,00
10	Oct-22	0	0,00
11	Nov-22	0	0,00
12	Dec-22	1	0,25
Total		4	

C. Perhitungan Biaya Perbaikan (Cr)

Perhitungan biaya perbaikan (Cr) adalah proses untuk menentukan total biaya yang diperlukan untuk memperbaiki mesin atau komponen yang rusak. Biaya ini mencakup semua pengeluaran yang terkait dengan kegiatan perbaikan. Tujuan dari perhitungan biaya perbaikan adalah untuk memberikan gambaran yang akurat tentang biaya yang akan dikeluarkan dan untuk membantu dalam pengambilan keputusan terkait pemeliharaan dan perbaikan mesin. Berikut merupakan total biaya perbaikan kerusakan di setiap klasifikasi jenis kerusakan periode Januari 2022 hingga Desember 2022.

Jenis Kerusakan (Kelas)	Jumlah Kerusakan	Total Biaya Kerusakan
Kelas A	38	Rp 7.440.000
Kelas B	11	Rp 3.690.000
Kelas C	4	Rp 3.055.000

$$Cr = \frac{\text{Total Biaya Kerusakan}}{\text{Jumlah yang Diganti}}$$

$$Cr(a) = \frac{7.440.000}{38} = \text{Rp } 195.789 \text{ per kerusakan kelas A}$$

$$Cr(b) = \frac{3.690.000}{11} = \text{Rp } 335.455 \text{ per kerusakan kelas B}$$

$$Cr(c) = \frac{3.055.000}{4} = \text{Rp } 763.750 \text{ per kerusakan kelas C}$$

D. Biaya Repair Policy

Biaya kebijakan perbaikan merujuk pada total pengeluaran yang diperlukan untuk memperbaiki mesin atau peralatan ketika terjadi kerusakan. Biaya ini biasanya mencakup pengeluaran untuk suku cadang, tenaga kerja, dan biaya lain yang terkait dengan perbaikan. Dalam manajemen pemeliharaan mesin, kebijakan perbaikan adalah strategi yang diterapkan untuk mengurangi waktu henti dan memastikan mesin berfungsi secara optimal.

1. Kelas A

Biaya yang muncul sebagai akibat dari penerapan kebijakan perbaikan mencakup dua komponen utama, yaitu biaya perbaikan dan biaya yang terkait dengan waktu henti operasi (*downtime*).

$$TMC = TCr + TCd$$

Dalam konteks ini, biaya *downtime* tidak diperhitungkan atau dianggap nol ($TCd = 0$) karena tidak ada pengeluaran yang terjadi selama periode *downtime*. Untuk dapat menghitung biaya perbaikan (TCr) secara akurat, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan rata-rata waktu operasional mesin sebelum terjadi kerusakan (*average runtime*) yang dilambangkan dengan Tb. Setelah nilai Tb diketahui, tahap berikutnya adalah menghitung rata-rata frekuensi kerusakan mesin per periode waktu tertentu (*average breakdown rate*) yang disimbolkan dengan B.

$$B = \frac{\text{Jumlah Mesin (N)}}{\text{Rata - rata Runtime Mesin (Tb)}}$$

$$Tb = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_i$$

Dari distribusi probabilitas kerusakan diperoleh:

$$Tb(a) = p1.T1 + p2.T2 + p3.T3 + p4.T4 + p5.T5 + p6.T6 + p7.T7 + p8.T8 + p9.T9 + p10.T10 + p11.T11 + p12.T12$$

$$Tb(a) = (0,11)(1) + (0,08)(2) + (0,11)(3) + (0,05)(4) + (0,05)(5) + (0,11)(6) + (0,08)(7) + (0,05)(8) + (0,08)(9) + (0,11)(10) + (0,08)(11) + (0,11)(12)$$

$$Tb(a) = 6,55 \text{ bulan}$$

$$B(a) = \frac{N}{Tb} = \frac{1}{6,55} = 0,15$$

Perkiraan biaya perbaikan adalah

$$\begin{aligned} TCr(a) &= B \times Cr \\ &= 0,15 \times 195.789 \\ &= \text{Rp } 29.880 \text{ per bulan} \end{aligned}$$

Dengan demikian, perkiraan biaya kebijakan perbaikan adalah

$$\begin{aligned} TMC(a) &= TCr + TCd \\ &= 29.880 + 0 \\ &= \text{Rp } 29.880 \text{ per bulan} \end{aligned}$$

2. Kelas B

Biaya yang muncul sebagai akibat dari penerapan kebijakan perbaikan mencakup dua komponen utama, yaitu biaya perbaikan dan biaya yang terkait dengan waktu henti operasi (*downtime*).

$$TMC = TCr + TCd$$

Dalam konteks ini, biaya *downtime* tidak diperhitungkan atau dianggap nol ($TCd = 0$) karena tidak ada pengeluaran yang terjadi selama periode *downtime*. Untuk dapat menghitung biaya perbaikan (TCr) secara akurat, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan rata-rata waktu operasional mesin sebelum terjadi kerusakan (*average*

runtime) yang dilambangkan dengan Tb. Setelah nilai Tb diketahui, tahap berikutnya adalah menghitung rata-rata frekuensi kerusakan mesin per periode waktu tertentu (*average breakdown rate*) yang disimbolkan dengan B.

$$B = \frac{\text{Jumlah Mesin (N)}}{\text{Rata - rata Runtime Mesin (Tb)}}$$

$$Tb = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_i$$

Dari distribusi probabilitas kerusakan diperoleh:

$$Tb(b) = p1.T1 + p2.T2 + p3.T3 + p4.T4 + p5.T5 + p6.T6 + p7.T7 + p8.T8 + p9.T9 + p10.T10 + p11.T11 + p12.T12$$

$$Tb(b) = (0,00)(1) + (0,09)(2) + (0,00)(3) + (0,18)(4) + (0,00)(5) + (0,09)(6) + (0,18)(7) + (0,09)(8) + (0,09)(9) + (0,09)(10) + (0,18)(11) + (0,00)(12)$$

$$Tb(b) = 7,18 \text{ bulan}$$

$$B(b) = \frac{N}{Tb} = \frac{1}{7,18} = 0,14$$

Perkiraan biaya perbaikan adalah

$$TCr(b) = B \times Cr = 0,14 \times 335.455 = \text{Rp } 46.709 \text{ per bulan}$$

Dengan demikian, perkiraan biaya kebijakan perbaikan adalah

$$TMC(b) = TCr + TCd = 46.709 + 0 = \text{Rp } 46.709 \text{ per bulan}$$

3. Kelas C

Biaya yang muncul sebagai akibat dari penerapan kebijakan perbaikan mencakup dua komponen utama, yaitu biaya perbaikan dan biaya yang terkait dengan waktu henti operasi (*downtime*).

$$TMC = TCr + TCd$$

Dalam konteks ini, biaya *downtime* tidak diperhitungkan atau dianggap nol ($TCd = 0$) karena tidak ada pengeluaran yang terjadi selama periode *downtime*. Untuk dapat menghitung biaya perbaikan (TCr) secara akurat, langkah pertama yang perlu dilakukan adalah menentukan rata-rata waktu operasional mesin sebelum terjadi kerusakan (*average runtime*) yang dilambangkan dengan Tb. Setelah nilai Tb diketahui, tahap berikutnya adalah menghitung rata-rata frekuensi kerusakan mesin per periode waktu tertentu (*average breakdown rate*) yang disimbolkan dengan B.

$$B = \frac{\text{Jumlah Mesin (N)}}{\text{Rata - rata Runtime Mesin (Tb)}}$$

$$Tb = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_i$$

Dari distribusi probabilitas kerusakan diperoleh:

$$Tb(c) = p1.T1 + p2.T2 + p3.T3 + p4.T4 + p5.T5 + p6.T6 + p7.T7 + p8.T8 + p9.T9 + p10.T10 + p11.T11 + p12.T12$$

$$Tb(c) = (0,25)(1) + (0)(2) + (0)(3) + (0)(4) + (0,25)(5) + (0)(6) + (0)(7) + (0,25)(8) + (0)(9) + (0)(10) + (0)(11) + (0,25)(12)$$

$$Tb(c) = 6,5 \text{ bulan}$$

$$B(c) = \frac{N}{Tb} = \frac{1}{6,5} = 0,15$$

Perkiraan biaya perbaikan adalah

$$TCr(c) = B \times Cr = 0,15 \times 763.750$$

$$= \text{Rp } 117.500 \text{ per bulan}$$

Dengan demikian, perkiraan biaya kebijakan perbaikan adalah

$$TMC(c) = TCr + TCd = 117.500 + 0 = \text{Rp } 117.500 \text{ per bulan}$$

Berikut adalah rincian biaya pemeliharaan menurut kebijakan perbaikan (*repair policy*) untuk tiga klasifikasi jenis kerusakan, yang tertera dalam tabel berikut.

Jenis Kerusakan	Rata-rata Run Time	TCr/Bulan	TCd/Bulan
A	0,15	Rp 29.880	Rp 29.880
B	0,14	Rp 46.709	Rp 46.709
C	0,15	Rp 117.500	Rp 117.500

E. Perhitungan Biaya Perawatan Preventive (Cm)

Biaya perawatan preventif (Cm) mencakup pengeluaran untuk pemeliharaan mesin, termasuk biaya tenaga kerja. Karena tenaga kerja dibayar setiap bulan, biaya tenaga kerja dapat dianggap sebagai nol (0). Biaya perawatan lainnya mencakup biaya untuk pelumas, kain, serta komponen kecil seperti baut, mur, dan sejenisnya.

No	Komponen	Harga
1	Pelumas dan Oli	Rp 169,000
2	Baut dan Mur	Rp 70,000
3	Kain Lap	Rp 2,500
4	Cairan Pendingin	Rp 38,000
Total		Rp 279,500

Biaya perhitungan *preventive*

$$Cm = (\text{Biaya TK} \times Wk \times \text{Jumlah TK}) + (\text{Biaya Komponen})$$

$$Cm = 0 + 279.500 = \text{Rp } 279.500$$

F. Biaya Preventive Maintenance Policy yang diperkirakan kerusakan

1. Kelas A

Biaya perawatan untuk kerusakan klasifikasi jenis A pada bulan pertama adalah sebagai berikut.

a. Jumlah kumulatif kerusakan pada bulan pertama

$$B1 = N \times P1 = (1)(0,11) = 0,11$$

b. Rata-rata jumlah kerusakan pada bulan pertama

$$B = \frac{Bn}{n} = \frac{B1}{1} = \frac{0,11}{1} = 0,11 \text{ per bulan}$$

c. Perkiraan biaya perbaikan per bulan

$$TCr1 = B.Cr = (0,11)(195.789) = \text{Rp } 20.609$$

d. Biaya pemeliharaan preventif per bulan

$$TCm1 = \frac{N.Cm}{n} = \frac{(1)(279.500)}{1} = \text{Rp } 279.500$$

e. Total biaya pemeliharaan per bulan

$$TMC(1) = TCr(1) + TCm(1) + TCd = 20.609 + 279.500 + 0 = \text{Rp } 300.109$$

Periode (Bulan)	Probabilitas	Bn	B	TCr	TCm	TMC
1	0,11	0,11	0,11	Rp 20.609	Rp 279.500	Rp 300.109
2	0,08	0,20	0,10	Rp 19.118	Rp 139.750	Rp 158.868
3	0,11	0,30	0,10	Rp 19.898	Rp 93.167	Rp 113.065
4	0,05	0,37	0,09	Rp 18.316	Rp 69.875	Rp 88.191
5	0,05	0,41	0,08	Rp 16.228	Rp 55.900	Rp 72.128
6	0,11	0,52	0,09	Rp 17.028	Rp 46.583	Rp 63.611
7	0,08	0,63	0,09	Rp 17.729	Rp 39.929	Rp 57.658
8	0,05	0,68	0,09	Rp 16.682	Rp 34.938	Rp 51.619
9	0,08	0,75	0,08	Rp 16.237	Rp 31.056	Rp 47.293
10	0,11	0,87	0,09	Rp 17.126	Rp 27.950	Rp 45.076
11	0,08	0,99	0,09	Rp 17.564	Rp 25.409	Rp 42.973
12	0,11	1,08	0,09	Rp 17.587	Rp 23.292	Rp 40.879

Hasil perhitungan untuk perawatan minimum pada kerusakan kelas A menunjukkan bahwa frekuensi perawatan terendah adalah setiap 12 bulan sekali, dengan biaya yang tercatat sebesar Rp 40.879 per bulan.

2. Kelas B

Biaya perawatan untuk kerusakan klasifikasi jenis B pada bulan pertama adalah sebagai berikut.

a. Jumlah kumulatif kerusakan pada bulan pertama

$$B1 = N \times P1$$

$$= (1) (0,00)$$

$$= 0,00$$

b. Rata-rata jumlah kerusakan pada bulan pertama

$$B = \frac{Bn}{n} = \frac{B1}{1} = \frac{0,00}{1} = 0,00 \text{ per bulan}$$

c. Perkiraan biaya perbaikan per bulan

$$TCr1 = B.Cr = (0,00)(335.455)$$

$$= Rp 0$$

d. Biaya pemeliharaan preventif per bulan

$$TCm1 = \frac{N.Cm}{n} = \frac{(1)(279.500)}{1} = Rp 279.500$$

e. Total biaya pemeliharaan per bulan

$$TMC(1) = TCr(1) + TCm(1) + TCd$$

$$= 0 + 279.500 + 0$$

$$= Rp 279.500$$

Periode (Bulan)	Probabilitas	Bn	B	TCr	TCm	TMC
1	0,00	0,00	0,00	Rp -	Rp 279.500	Rp 279.500
2	0,09	0,09	0,05	Rp 15.248	Rp 139.750	Rp 154.998
3	0,00	0,10	0,03	Rp 11.089	Rp 93.167	Rp 104.256
4	0,18	0,27	0,07	Rp 22.872	Rp 69.875	Rp 92.747
5	0,00	0,32	0,06	Rp 21.624	Rp 55.900	Rp 77.524
6	0,09	0,36	0,06	Rp 20.331	Rp 46.583	Rp 66.914
7	0,18	0,58	0,08	Rp 27.724	Rp 39.929	Rp 67.652
8	0,09	0,74	0,09	Rp 31.094	Rp 34.938	Rp 66.032
9	0,09	0,79	0,09	Rp 29.620	Rp 31.056	Rp 60.676
10	0,09	0,89	0,09	Rp 29.870	Rp 27.950	Rp 57.820
11	0,18	1,08	0,10	Rp 32.964	Rp 25.409	Rp 58.374
12	0,00	1,20	0,10	Rp 33.449	Rp 23.292	Rp 56.740

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perawatan dengan biaya terendah untuk kerusakan kelas B, yang memiliki tingkat kerusakan paling rendah, dilakukan setiap 12 bulan sekali dengan biaya sebesar Rp56.740 per bulan.

3. Kelas C

Biaya perawatan untuk kerusakan klasifikasi jenis C bulan pertama adalah sebagai berikut.

a. Jumlah kumulatif kerusakan pada bulan pertama

$$B1 = N \times P1$$

$$= (1) (0,25)$$

$$= 0,25$$

b. Rata-rata jumlah kerusakan pada bulan pertama

$$B = \frac{Bn}{n} = \frac{B1}{1} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \text{ per bulan}$$

c. Perkiraan biaya perbaikan per bulan

$$TCr1 = B.Cr = (0,25)(763.750)$$

$$= Rp 190.938$$

d. Biaya perawatan preventif per bulan

$$TCm1 = \frac{N.Cm}{n} = \frac{(1)(279.500)}{1} = Rp 279.500$$

e. Total biaya pemeliharaan per bulan

$$TMC(1) = TCr(1) + TCm(1) + TCd$$

$$= 190.938 + 279.500 + 0$$

$$= Rp 470.438$$

Periode (Bulan)	Probabilitas	Bn	B	TCr	TCm	TMC
1	0,25	0,25	0,25	Rp 190.938	Rp 279.500	Rp 470.438
2	0,00	0,31	0,16	Rp 119.336	Rp 139.750	Rp 259.086
3	0,00	0,25	0,08	Rp 63.646	Rp 93.167	Rp 156.813
4	0,00	0,25	0,06	Rp 47.734	Rp 69.875	Rp 117.609
5	0,25	0,50	0,10	Rp 76.375	Rp 55.900	Rp 132.275
6	0,00	0,63	0,10	Rp 79.557	Rp 46.583	Rp 126.141
7	0,00	0,50	0,07	Rp 54.554	Rp 39.929	Rp 94.482
8	0,25	0,75	0,09	Rp 71.602	Rp 34.938	Rp 106.539
9	0,00	0,94	0,10	Rp 79.557	Rp 31.056	Rp 110.613
10	0,00	0,75	0,08	Rp 57.281	Rp 27.950	Rp 85.231
11	0,00	0,75	0,07	Rp 52.074	Rp 25.409	Rp 77.483
12	0,25	1,00	0,08	Rp 63.646	Rp 23.292	Rp 86.938

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa perawatan dengan biaya paling rendah untuk kerusakan kelas C, yang merupakan tingkat kerusakan paling tinggi, dilakukan setiap 11 bulan sekali dengan biaya sebesar Rp77.483 per bulan.

G. Perbandingan Biaya Repair Policy dan Preventive Maintenance Policy

Jenis Kerusakan	Biaya Perawatan	
	Repair Policy (Rp)	Preventive Maintenance (Rp)
A	Rp 29,880	Rp 40,879
B	Rp 46,709	Rp 56,740
C	Rp 117,500	Rp 77,483

Biaya kebijakan perbaikan untuk kerusakan jenis A dan B lebih rendah dibandingkan dengan biaya kebijakan pemeliharaan preventif, sementara untuk kerusakan kelas C, biaya kebijakan pemeliharaan preventif lebih murah dibandingkan dengan biaya kebijakan perbaikan.

H. Verifikasi dan Validasi

No	Kategori Verifikasi	Hasil	Kesesuaian
1	Menetapkan metode <i>repair policy</i> dan <i>preventive maintenance policy</i> untuk mesin <i>injection molding</i> .	Perhitungan biaya berdasarkan kedua metode tersebut dilakukan dan dibandingkan secara akurat.	Sesuai
2	Dampak implementasi metode terhadap biaya operasional jangka panjang.	<i>Preventive maintenance policy</i> menunjukkan pengurangan biaya operasional dalam jangka panjang	Sesuai
3	Pengaruh terhadap anggaran perusahaan dan alokasi sumber daya setelah	Anggaran dialokasikan dengan efektif, mendukung pelaksanaan tanpa	Sesuai

	penerapan kedua metode.	mengganggu operasi lainnya.	
--	-------------------------	-----------------------------	--

Kategori Validasi	Target Validasi	Pemenuhan
Target Kinerja	Mengurangi total biaya pada mesin <i>injection molding</i> untuk produksi sendok takar obat.	<i>Repair policy</i> dan <i>preventive maintenance policy</i> memberikan analisis yang baik dan memberikan biaya terkecil untuk meminimalkan <i>cost</i> .
Stakeholder Requirement	Analisis harus memenuhi kebutuhan pemangku kepentingan dan tidak mengganggu produksi.	<i>Repair policy</i> dan <i>preventive maintenance policy</i> memberikan analisis biaya dan memberikan biaya yang optimal untuk perawatan mesin produksi agar memenuhi kebutuhan <i>stakeholder</i> dan tidak mengganggu produksi.
Standar Acuan	Kebijakan pemeliharaan dan perbaikan harus mengikuti standar acuan untuk mengoptimalkan biaya pemeliharaan dan perbaikan.	Kebijakan pemeliharaan dan perbaikan menggunakan analisis biaya untuk menentukan perbaikan yang paling efisien dan terjangkau.

I. Analisa Hasil

Jenis Kerusakan	Metode Perawatan	Jenis Perawatan
A	<i>Repair Policy</i>	1. Penggantian pelumas 2. Pengecekan baut, mur 3. Pembersihan
B	<i>Repair Policy</i>	1. Penggantian pelumas 2. Pengecekan baut, mur 3. Pembersihan
C	<i>Preventive Maintenance Policy</i>	1. Penggantian pelumas dan oli 2. Pengecekan baut, mur

		3. Penggantian cairan pendingin 4. Pembersihan
--	--	---

Berikutnya adalah menghitung rincian biaya perawatan per klasifikasi, rincian biaya perawatan per klasifikasi memainkan peran penting dalam manajemen pemeliharaan dan pengelolaan anggaran. Berikut merupakan rincian biaya perawatan per klasifikasi.

No	Klasifikasi Biaya	Metode Terpilih	Periode Perawatan	Biaya Perawatan (perbulan)	Total Biaya
1	Kelas A	<i>Repair Policy</i>	12	Rp 29,880	Rp 358,554
2	Kelas B	<i>Repair Policy</i>	12	Rp 46,709	Rp 560,506
3	Kelas C	<i>Preventive maintenance policy</i>	11	Rp 77.483	Rp 929.795
Jumlah					Rp 1.848.856

Berikut adalah perbandingan antara biaya pemeliharaan yang diterapkan di perusahaan dengan biaya pemeliharaan yang digunakan dalam penelitian.

No	Perawatan Yang Digunakan	Biaya
1	Eksisting Perusahaan	Rp 14,185,000

Pada tabel di atas, terlihat bahwa biaya perbaikan mesin di perusahaan sebelum penerapan usulan adalah Rp 14.185.000. Biaya tersebut tergolong besar karena tidak adanya penjadwalan pemeliharaan preventif; mesin hanya diperbaiki ketika terjadi kerusakan. Oleh karena itu, dilakukan analisis terhadap kebijakan pemeliharaan preventif dan kebijakan perbaikan untuk mengurangi biaya pemeliharaan mesin *injection molding*. Berikut adalah biaya usulan untuk kebijakan pemeliharaan preventif dan kebijakan perbaikan.

No	Metode Maintenance	Biaya
1	<i>Preventive maintenance</i> usulan	Rp 929,795
2	<i>Repair policy</i> usulan	Rp 919,060

Terlihat bahwa biaya yang digunakan dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dari Januari 2022 hingga Desember 2022.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berfokus pada upaya mengurangi total biaya pemeliharaan mesin injection molding yang digunakan untuk produksi sendok takar obat di CV XYZ, dengan menerapkan analisis Kebijakan Perbaikan dan Kebijakan Pemeliharaan Preventif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan kebijakan pemeliharaan yang efektif dan terencana secara strategis dapat secara signifikan menurunkan total biaya pemeliharaan. Penerapan kebijakan maintenance preventif yang tepat waktu mampu mencegah kerusakan mendadak dan mengurangi frekuensi perbaikan yang tidak terencana, sehingga menurunkan total biaya maintenance mesin secara keseluruhan.

Berdasarkan rangkaian tugas akhir yang telah dilakukan, didapatkan solusi untuk meminimalkan total biaya maintenance mesin injection molding pada proses produksi sendok takar obat dengan menerapkan analisis repair policy dan preventive maintenance policy pada CV XYZ. Penerapan repair policy didapatkan biaya sebesar Rp.358.554 untuk kelas A dan Rp.560.506 untuk kelas B. Sedangkan, untuk preventive maintenance policy didapatkan biaya sebesar Rp.929.795 untuk kelas C. Kedua hal tersebut, lebih efisien dari segi biaya maintenance untuk mesin injection molding.

Oleh karena itu, penting bagi CV XYZ untuk terus memantau dan mengevaluasi kebijakan maintenance yang diterapkan, serta melakukan penelitian lebih lanjut tentang teknologi dan metode maintenance baru. Implementasi yang sistematis dan berkelanjutan dari kebijakan ini akan memastikan mesin berfungsi optimal dengan biaya yang terkontrol, mendukung keberlanjutan dan kesuksesan perusahaan di masa depan.

REFERENSI

- [1] Agus Supriyanto. (2023). PENGARUH VARIASI *INJECTION VELOCITY* DAN *PACKING PRESSURE* TERHADAP KUALITAS PART PRODUK *INJECTION MOLDING*. BUANA ILMU, 8(1). <https://doi.org/10.36805/bi.v8i1.5999>
 - [2] Burhani, S., Amir, S. M., & Hadi, S. (2022). Analisis konsep sistem informasi manajemen *maintenance* fasilitas di Pelabuhan Perikanan Untia. Prosiding Seminar Nasional Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan, 3. <https://doi.org/10.51978/proppnp.v3i1.288>
 - [3] Camerling, B. J., Paillin, D. B., & Dharma, A. B. (2020). PENGARUH MANAJEMEN *MAINTENANCE* SISTEM ENKOL TERHADAP PENGOPERASIAN MESIN ANGLO BELGIAN CORPORATION TYPE 12V. ARIKA, 14(1). <https://doi.org/10.30598/arika.2020.14.1.01>
 - [4] Kadriadi, Opu, A. S., Wirakusuma, K. W., & Pratama, A. B. (2024). IMPLEMENTASI *PREVENTIVE MAINTENANCE* PADA POMPA SENTRIFUGAL DEPARTEMEN STAINLESS STEEL PT. GUANG CHING NIKEL AND STAINLESS STEEL. SINERGI POLMED: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, 5(1). <https://doi.org/10.51510/sinergipolmed.v5i1.1551>
 - [5] Khadafi, W. R. (2021). Rancang Bangun Aplikasi Check Sheet *Preventive maintenance* Plant Bchi Menggunakan Progressive Web Application. Jurnal Instrumentasi dan Teknologi Informatika (JITI), 2(2).
 - [6] Nasution, M., Bakhori, A., & Novarika, W. (2021). Manfaat Perlunya Manajemen *Maintenance* Untuk Bengkel Maupun Industri. Buletin Utama Teknik, 16(3).
 - [7] Riadi, M. (2019). Tujuan, Fungsi, Jenis dan Kegiatan *Maintenance (Maintenance)*. Dalam 6 Juli.
 - [8] Robie, R. (2015). Usulan Penerapan Reliability Centered *Maintenance* Pada Fasilitas Power Pt. H3I Untuk Peningkatan Ketersediaan Jaringan. Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri, 8(2).
 - [9] Situngkir, D. I. (2019). Pengaplikasian FMEA untuk Mendukung Pemilihan Strategi *Maintenance* pada Paper Machine. FLYWHEEL : Jurnal Teknik Mesin Untirta, 1(1). <https://doi.org/10.36055/fwl.v1i1.5489>
 - [10] Suparno, S. (2016). Perencanaan Dan Penjadwalan Proyek Pada Pembangunan Gedung. Bangun Rekaprima, 1(2). <https://doi.org/10.32497/bangunrekaprima.v1i2.703>
 - [11] Wibowo, T. J., Hidayatullah, T. S., & Nalhadi, A. (2021). Analisa *Maintenance* pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered *Maintenance* (RCM). JURNAL REKAYASA INDUSTRI (JRI), 3(2). <https://doi.org/10.37631/jri.v3i2.485>
- Mann, L. (1976). *Sistem manajemen maintenance terintegrasi*. Lexington Books.