

TUGAS AKHIR

PENERAPAN *PREVENTIVE MAINTENANCE* DENGAN METODE *MTTR* DAN *MTBF* UNTUK MENINGKATKAN KINERJA MESIN *PS FOAM* *SHEET ROLLS EXTRUDER*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

RYSZKI YUNDA PRATAMA
2207230024



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Ryszki Yunda Pratama
NPM : 2207230024
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Penerapan *Preventive Maintenance* Dengan Metode *MTTR*
dan *MTBF* Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin *Ps Foam*
Sheet Rolls Extruder
Bidang Ilmu : Kongsruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Agustus 2026

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II



Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T



Muhammad Yani, S.T., M.T

Dosen Pembimbing

Program Studi Teknik Mesin
Ketua,



Affandi S.T., M.T



Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Ryszki Yunda Pratama
Tempat/Tanggal Lahir : Klumpang Kebun, 27 Januari 2004
NPM : 2207230024
Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Proposal Tugas Akhir saya yang berjudul,

"Penerapan Preventive Maintenance Dengan Metode MTTR dan MTBF untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Ps Foam Sheet Rolls Extruder"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan kesertaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 22 Agustus 2026

Saya, yang menyatakan



Ryszki Yunda Pratama

ABSTRAK

Mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder* merupakan mesin utama dalam proses produksi lembaran *foam polystyrene* di CV Multi Buana. Tingginya frekuensi kerusakan mesin menyebabkan meningkatnya *downtime* yang berdampak pada terganggunya proses produksi dan menurunkan produktivitas perusahaan. Oleh karena itu, diperlukan penerapan *preventive maintenance* untuk meningkatkan keandalan mesin dan mengurangi risiko terjadinya kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komponen yang paling sering mengalami kerusakan serta menganalisis tingkat keandalan mesin menggunakan metode *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)* sebagai dasar dalam penyusunan program *preventive maintenance*. Penelitian dilakukan selama 25 hari kerja dengan waktu operasi mesin 12 jam per hari, sehingga total waktu operasi selama penelitian adalah 300 jam. Data yang digunakan berupa data jam operasi mesin, frekuensi kerusakan, *downtime*, dan waktu perbaikan yang kemudian dianalisis menggunakan rumus *MTBF* dan *MTTR*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selama periode penelitian terjadi 8 kali kerusakan dengan total *downtime* 26 jam dan total waktu perbaikan 20 jam. Komponen *heater* merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan sebanyak 3 kali (37,5%), diikuti *bearing* sebanyak 2 kali (25%), sedangkan *thermocouple*, *gearbox*, dan *screw* masing-masing mengalami 1 kali kerusakan (12,5%). Hasil perhitungan menunjukkan nilai *MTBF* sebesar 37,5 jam dan nilai *MTTR* sebesar 2,5 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mesin rata-rata mengalami satu kali kerusakan setiap 37,5 jam operasi, sedangkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu kali perbaikan rata-rata adalah 2,5 jam. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan *preventive maintenance* perlu difokuskan pada komponen kritis, khususnya *heater* dan *bearing*, melalui inspeksi berkala, pelumasan rutin, serta penggantian komponen sesuai umur pakainya. Penerapan program *preventive maintenance* yang terjadwal diharapkan dapat meningkatkan nilai *MTBF*, menurunkan nilai *MTTR*, mengurangi *downtime*, serta meningkatkan keandalan dan produktivitas mesin.

Kata Kunci: *Preventive Maintenance, MTBF, MTTR, Keandalan Mesin, PS Foam Sheet Rolls Extruder.*

ABSTRACT

The PS Foam Sheet Rolls Extruder machine is the main production machine used in the manufacturing process of polystyrene foam sheets at CV Multi Buana. The high frequency of machine failures has resulted in increased downtime, disrupting the production process and reducing the company's productivity. Therefore, the implementation of preventive maintenance is necessary to improve machine reliability and minimize the occurrence of failures. This study aims to identify the components that most frequently experience failures and to analyze the reliability of the machine using the Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR) methods as the basis for developing a preventive maintenance program. The study was conducted over 25 working days, with the machine operating 12 hours per day, resulting in a total operating time of 300 hours. The data collected included machine operating hours, failure frequency, downtime, and repair time, which were then analyzed using the MTBF and MTTR formulas. The results showed that during the observation period there were eight machine failures, with a total downtime of 26 hours and a total repair time of 20 hours. The heater was identified as the most critical component, accounting for three failures (37.5%), followed by the bearing with two failures (25%), while the thermocouple, gearbox, and screw each experienced one failure (12.5%). The calculation results indicated an MTBF value of 37.5 hours and an MTTR value of 2.5 hours. These results indicate that the machine experiences one failure every 37.5 operating hours, while the average repair time required to restore the machine to operational condition is 2.5 hours. Therefore, the implementation of a preventive maintenance program should focus on critical components, particularly the heater and bearing, through routine inspections, scheduled lubrication, and timely component replacement. A well-planned preventive maintenance program is expected to increase the MTBF value, reduce the MTTR value, minimize downtime, and improve machine reliability and production productivity.

Keywords: Preventive Maintenance, Mean Time Between Failure (MTBF), Mean Time To Repair (MTTR), Machine Reliability, PS Foam Sheet Rolls Extruder.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum wr.wb

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan proposal tugas akhir ini dengan judul “Penerapan *Preventive Maintenance* Dengan Metode *MTTR* dan *MTBF* Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin *Ps Foam Sheet Rolls Extruder*”.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Affandi, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Proposal Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Ir. Ade Faisal, S.T.,M.Sc,Ph.D selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknikmesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis : Alm. Ayah Prapto Prasajo dan Alm. Ibunda Supaini. Meskipun kalian tidak dapat melihat secara langsung setiap proses yang penulis lalui hingga sampai pada tahap ini, semua perjuangan dan pencapaian ini tidak terlepas dari cinta dan doa yang pernah diberikan.skripsi ini penulis persembahkan sebagai bentuk cinta,rasa hormat dan bakti kepada Ayah dan Ibunda.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Keluarga penulis : Ibu Sulastri, Bapak Paino,Mutiara Nurzana,Krisdian Dinata dan Sandi Prasetya yang telah mendukung penulis sampai berada di tingkat Pendidikan sarjana ini.

8. Sahabat penulis : Sandi Pratama, Aji Septiawan, Syahrul Prayoga, Dito Irfansyah, Muhammad Arif Suta, Kevin Yudha Pratama, Muhammad Ferdiansyah, Dwi Ricky Ardana dan lain-lain selaku sahabat penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis.
9. Teruntuk Aurel Dude Alinskie terimakasih telah menjadi salah satu sumber semangat dan motivasi bagi penulis selama proses penyelesaian skripsi ini. Terimakasih atas inspirasi dan energi positif yang diberikan. Semoga segala kebaikan dan dukungan tersebut menjadi hal yang berarti bagi penulis.

Penelitian Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga Penelitian tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 22 Agustus 2026

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ryszki Yunda Pratama', with a stylized, cursive script.

Ryszki Yunda Pratama

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang Lingkup	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Pengertian <i>Maintenance</i>	4
2.1.1 <i>Preventif Maintenance</i>	5
2.1.2 <i>Predictive Maintenance</i>	7
2.1.3 <i>Corrective Maintenance</i>	8
2.2 Strategi Pemeliharaan	9
2.3 Mesin <i>Extruder Rolls Ps Foam Sheet</i>	11
2.3.1 Mesin <i>Extruder Single Screw</i>	11
2.3.2 Mesin <i>Extruder Twin Screw</i>	12
2.4 Perbedaan Utama Mesin <i>Extruder</i>	14
2.5 Prinsip- Prinsip <i>Preventive maintenance</i> pada Mesin <i>Extruder</i>	14
2.6 <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i>	15
2.7 <i>Mean Time To Repair (MTTR)</i>	15
2.8 <i>Reliability</i> (Keandalan Mesin)	15
2.9 <i>Availability</i> (Ketersediaan Mesin)	16
2.10 Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas <i>Preventif Maintenance</i>	17
2.11 <i>Maintenance Management</i>	18
2.12 Keandalan Komponen Mesin (<i>Component Reliability</i>)	20
BAB 3 METODE PENELITIAN	21
3.1 Tempat dan Waktu	21
3.1.1 Tempat Penelitian	21
3.1.2 Waktu Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	21
3.2.1 Alat Penelitian	21
3.2.2 Bahan Penelitian	22
3.3 Diagram Alir	23
3.4 Rancangan Alat Penelitian	24

3.5 Prosedur Penelitian	24
3.6 Variabel Penelitian	26
3.6.1 Objek Penelitian	26
3.6.2 Variabel Penelitian	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian	27
4.2 Data Penelitian	27
4.3 Perhitungan <i>Mean Time Between Failure (MTBF)</i>	30
4.4 Perhitungan <i>Mean Time To Repair (MTTR)</i>	32
4.5 Hasil dan perbandingan <i>MTBF</i> dan <i>MTTR</i>	34
4.6 Perbandingan Sebelum dan Sesudah <i>Preventif Maintenance</i>	39
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	41
5.1 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA	43
LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR	45
LAMPIRAN 1. SK PEMBIMBING	46
LAMPIRAN 2. DAFTAR EVALUASI SEMINAR	47
LAMPIRAN 3. DAFTAR EVALUASI SEMINAR	48
LAMPIRAN 4. DAFTAR HADIR SEMINAR	49
LAMPIRAN 5. DAFTAR RIWAYAT HIDUP	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbedaan mesin <i>extruder</i> (dekuma, 2024)	14
Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian	21
Tabel 3. 2 Variabel Penelitian	26
Tabel 4. 1 Data penelitian bulan Mei	27
Tabel 4. 2 Tabel data kerusakan mesin	28
Tabel 4. 3 Tabel rekapitulasi frekuensi kerusakan	28
Tabel 4. 4 Tabel <i>downtime</i> mesin	29
Tabel 4. 5 Tabel nilai <i>MTBF</i>	30
Tabel 4. 6 Tabel nilai <i>MTTR</i>	32
Tabel 4. 7 Tabel urutan kerusakan	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Perawatan Mesin (MTAPhotos, 2013)	4
Gambar 2. 2 Klasifikasi strategi pemeliharaan (Affandi & Amiruddin, 2024)	9
Gambar 2. 3 Mesin <i>Extruder</i> (EPSOLE, 2019)	11
Gambar 2. 4 <i>Single Screw Extruder</i> (EPSOLE, 2019)	12
Gambar 2. 5 Mesin <i>Extruder Twin Screw</i> (EPSOLE, 2019)	13
Gambar 3. 1 Mesin <i>PS foam sheet</i>	22
Gambar 3. 2 Bagan alir penelitian	23
Gambar 3. 3 Gambar skema alat penelitian	24
Gambar 4. 1 Grafik frekuensi kerusakan	29
Gambar 4. 2 Diagram persentase kerusakan	29
Gambar 4. 3 Grafik perbandingan kerusakan	30
Gambar 4. 4 Grafik <i>MTBF</i>	31
Gambar 4. 5 Grafik <i>MTTR</i>	33
Gambar 4. 6 Grafik perbandingan <i>MTBF</i> dan <i>MTTR</i> per kerusakan	35
Gambar 4. 7 Perbaikan <i>heater</i> dan sensor	36
Gambar 4. 8 Perbaikan <i>die head</i>	37
Gambar 4. 9 Perbaikan <i>bearing</i>	38
Gambar 4. 10 Perbandingan Sebelum dan Sesudah <i>Preventif Maintenance</i>	39

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

<i>MTBF</i>	<i>Mean Time Between Failure</i>
<i>MTTR</i>	<i>Mean Time To Repair</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri manufaktur plastik, khususnya pada produksi lembaran busa polistiren (*PS Foam Sheet*), mesin *extruder tipe rolls sheet extruder* memainkan peran kunci. Mesin tersebut tidak hanya perlu menghasilkan produk secara *continue*, tetapi juga dengan kualitas yang stabil dimensi, densitas, kekuatan material, dan jumlah cacat harus memenuhi standar. Untuk mencapai kondisi tersebut, kinerja mesin harus terjaga dalam kondisi optimal. Kondisi mesin yang kurang terawat akan berdampak pada penurunan produktivitas termasuk naiknya waktu henti (*downtime*), meningkatnya frekuensi perawatan tidak terencana (*corrective maintenance*), kerusakan komponen kritis, dan penurunan kualitas produk (Yanuardi, 2019).

Mesin *PS Foam Sheet* merupakan mesin industri yang digunakan untuk memproduksi lembaran foam berbahan dasar *Polystyrene (PS)* melalui proses ekstrusi. Lembaran *PS foam* yang dihasilkan banyak digunakan sebagai bahan baku kemasan makanan, *tray*, *box* pelindung, dan berbagai produk industri lainnya karena sifatnya yang ringan, memiliki daya serap benturan yang baik, serta mudah dibentuk lebih lanjut dengan proses *thermoforming*. Proses kerja mesin *PS Foam Sheet* dimulai dari pemasukan bahan baku *polystyrene* dalam bentuk butiran (*pellet*) ke dalam *hopper*. Bahan baku tersebut kemudian dialirkan menuju *barrel* oleh putaran *screw*. Komponen *barrel*, material mengalami proses pemanasan secara bertahap menggunakan sistem *heater* yang dikontrol oleh *thermocouple*. Pemanasan ini bertujuan untuk melelehkan *polystyrene* hingga mencapai kondisi plastis yang homogen (Asmoro Anjas Dwi & Widiasih, 2022).

Mesin *extruder PS foam sheet* yang mengalami kerusakan umumnya menunjukkan indikator fisik, operasional, dan kualitas produk yang tidak normal. Kondisi-kondisi ini mudah diamati oleh operator dan tim *maintenance* sebagai tanda bahwa mesin tidak berjalan dengan baik dan memerlukan tindakan perbaikan atau evaluasi lanjut. Sehingga menyebabkan kualitas ekstruksi tidak stabil dan kebocoran minyak atau material pada komponen mesin (Chung et al., 2021).

Salah satu strategi yang dapat diterapkan untuk menjaga kondisi mesin agar tetap optimal adalah pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*). *Preventive maintenance* didefinisikan sebagai aktivitas perawatan yang dilakukan secara terencana dan berkala untuk mendeteksi serta menghilangkan potensi kerusakan sebelum terjadi kegagalan besar. Pada konteks mesin *extruder*, hal ini termasuk inspeksi rutin, pembersihan, pelumasan, penggantian komponen yang aus, dan pencatatan kondisi mesin secara sistematis. Dalam penelitian dan praktik manufaktur mesin *extruder*, penerapan *preventive maintenance* terbukti memberikan manfaat nyata. , penelitian ini diarahkan untuk mengeksplorasi bagaimana penerapan *preventive maintenance* secara sistematis pada mesin PS *Foam Sheet Rolls Extruder* dapat meningkatkan kinerja mesin dalam hal keandalan, produktivitas, dan pengurangan *downtime*. Penelitian diharapkan tidak hanya melihat aspek teoretis, tetapi juga memberikan rekomendasi praktis berdasarkan kondisi nyata mesin di lapangan termasuk frekuensi perawatan, checklist pemeliharaan, analisis komponen kritis yang sering mengalami kerusakan, serta monitoring hasil perbaikan kinerja setelah penerapan *preventive maintenance*, (Bai et al., 2018).

Dalam banyak kasus industri manufaktur, kegagalan mesin disebabkan oleh kurangnya perencanaan perawatan, sehingga tindakan perbaikan sering bersifat *reactive* (setelah kerusakan terjadi). Sedangkan *preventive maintenance* adalah pendekatan yang lebih proaktif, dimana perawatan dilakukan secara terjadwal untuk mencegah terjadinya kegagalan besar. *Preventive maintenance* adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjaga kondisi mesin agar tetap berada dalam keadaan optimal sebelum terjadi kerusakan yang signifikan, dengan melakukan pemeriksaan berkala, pembersihan, pelumasan, dan penggantian komponen sesuai jadwal agar kecenderungan kerusakan dapat dihindari atau diminimalkan, (Yakarimilena, 2019).

Mesin *extruder* yang bekerja tanpa pemeliharaan terencana cenderung memiliki performa *unreliable* dan biaya perawatan tinggi, yang dapat menghambat target produksi perusahaan. Dengan menerapkan *preventive maintenance* secara sistematis, perusahaan dapat meningkatkan *reliability* mesin sekaligus menurunkan frekuensi kerusakan yang mengganggu produksi, (Faiz Bahrul Agi, 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Komponen apa saja yang sering mengalami kerusakan?
2. Bagaimana pengaruh *preventive maintenance* terhadap kinerja mesin?

1.3 Ruang Lingkup

Untuk membatasi ruang lingkup agar penelitian tetap fokus dan dapat dilaksanakan dengan baik, maka penelitian ini dibatasi sebagai berikut:

1. Objek penelitian: mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder* yang terdapat di CV Multi Buana, sebagai unit yang menjadi lokasi studi kasus.
2. Analisis *preventive maintenance* , *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)*

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi komponen mesin *extruder PS foam sheet* yang paling sering mengalami kerusakan yang memberikan kontribusi terbesar terhadap produksi.
2. Menganalisis penerapan *preventive maintenance* dengan metode *MTTR* dan *MTBF* serta menentukan tingkat efektivitasnya dalam menurunkan frekuensi kerusakan mesin.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Bagi Perusahaan: meningkatkan keandalan mesin dan efisiensi produksi *PS foam sheet*.
2. Bagi Akademisi: sebagai referensi penelitian di bidang perawatan mesin industri.
3. Bagi Penulis: menambah wawasan tentang sistem *maintenance* industri.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Maintenance*

Perawatan/*maintenance* merupakan kegiatan yang dilakukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas pemeliharaan suatu objek hingga objek tersebut tetap dapat berfungsi dengan baik, (Asmoro Anjas Dwi & Widiasih, 2022).



Gambar 2. 1 Perawatan Mesin (MTAPhotos, 2013)

Proses produksi membutuhkan kegiatan pemeliharaan yang meliputi pembersihan, inspeksi, pelumasan, serta pengadaan suku cadang demi keberlanjutannya.

- a. *Inspection*, yaitu tindakan pemeriksaan yang ditujukan bagi sistem (mesin) agar dapat diketahui apakah sistem berada pada kondisi normal.
- b. *Service*, yaitu tindakan yang ditujukan bagi sistem (mesin-mesin) yang biasanya telah dijadwalkan dalam buku pemeliharaan mesin.
- c. *Replace*, yaitu tindakan penggantian komponen yang rusak, dapat dilakukan secara mendadak atau sesuai perencanaan pencegahan.
- d. *Repair*, yaitu tindakan perbaikan yang dilakukan pada saat terjadi kerusakan kecil.
- e. *Overhaul*, tindakan perbaikan skala besar yang biasanya dilakukan pada akhir periode tertentu.

Perawatan merupakan fungsi yang bertujuan untuk memantau dan memelihara fasilitas pabrik, peralatan, serta sarana kerja dengan cara merancang,

mengatur, menangani, dan memeriksa setiap pekerjaan. Kegiatan ini dilakukan untuk memastikan unit tetap berfungsi selama waktu operasi (*uptime*) serta meminimalkan waktu henti (*downtime*) yang disebabkan oleh kerusakan maupun kegiatan perbaikan. Ada beberapa jenis *maintenance*, seperti :

2.1.1 *Preventif Maintenance*

Perawatan pencegahan merupakan jenis perawatan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan pada mesin. Kebijakan ini dinilai efektif karena dapat mencegah terjadinya penghentian mesin yang tidak direncanakan. Keuntungan dari penerapan perawatan pencegahan antara lain terjaminnya keandalan suatu sistem, meningkatnya keselamatan bagi pengguna, bertambahnya umur pakai mesin, serta menurunnya waktu henti (*downtime*) proses produksi (Ramadhan & Fitriani, 2024).

Adapun kerugiannya meliputi terbuangnya sebagian waktu operasi dan kemungkinan terjadinya kesalahan manusia (*human error*) selama proses perakitan atau kegiatan lainnya. Secara umum, tujuan perawatan pencegahan adalah memaksimalkan ketersediaan (*availability*) dan meminimalkan biaya melalui peningkatan keandalan (*reliability*) (Jiang et al., 2023). Dalam praktiknya preventive maintenance dibedakan atas:

- a. *Routine Maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan terhadap kondisi dasar mesin dengan cara mengganti suku cadang yang aus/rusak serta dilakukan secara rutin. Contoh pemeliharaan rutin: pembersihan peralatan, pelumasan atau pengecekan oli, pengecekan suplai bahan bakar dan angin kompresor.
- b. *Periodic Maintenance*, yaitu kegiatan pemeliharaan yang dilakukan periodik dalam jangka waktu tertentu (misalnya mingguan atau sebulan sekali), dengan cara melakukan pengecekan berkala dan memulihkan bagian mesin yang rusak atau tidak sempurna. Contoh pemeliharaan periodik: penyetelan sensor-sensor, pengecekan silinder pneumatik.
- c. *Running Maintenance* merupakan pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Pemeliharaan ini termasuk pemeliharaan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau mesin dalam keadaan sedang beroperasi. Biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus memproduksi. Kegiatan

pemeliharaan dilakukan dengan cara mengawasi secara aktif.

- d. *Shutdown Maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang hanya dapat dilaksanakan pada saat fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan.

Preventive maintenance dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis, antara lain:

- a. *Time-Based Maintenance (TBM)*

Time-Based Maintenance merupakan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan interval waktu tertentu, misalnya setiap satu minggu, satu bulan, enam bulan, atau satu tahun. Metode ini banyak digunakan pada mesin yang memiliki pola operasi relatif konstan.

- b. *Usage-Based Maintenance (UBM)*

Usage-Based Maintenance dilakukan berdasarkan tingkat penggunaan mesin, misalnya jumlah jam operasi, jumlah siklus produksi, atau total jarak tempuh. Ketika batas penggunaan telah tercapai, maka kegiatan pemeliharaan harus segera dilakukan.

- c. *Scheduled Maintenance*

Scheduled maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang telah disusun dalam jadwal kerja perusahaan sehingga seluruh aktivitas perawatan dapat dilakukan secara teratur tanpa mengganggu proses produksi.

- d. *Predictive-Oriented Preventive Maintenance*

Perkembangan teknologi memungkinkan preventive maintenance dikombinasikan dengan pemantauan kondisi mesin menggunakan sensor getaran, temperatur, tekanan, maupun analisis pelumas. Informasi tersebut digunakan untuk menentukan waktu pemeliharaan yang paling tepat sehingga efisiensi kegiatan pemeliharaan semakin meningkat.

2.1.2 *Predictive Maintenance*

Perawatan ini dapat diartikan sebagai strategi perawatan yang pelaksanaannya didasarkan pada kondisi mesin itu sendiri. Perawatan prediktif juga dikenal sebagai perawatan berbasis kondisi atau pemantauan kondisi mesin. Hal ini berarti kondisi mesin ditentukan melalui pemeriksaan rutin, sehingga keandalan mesin dapat terpantau dan keselamatan kerja terjamin.

Beberapa metode yang umum digunakan dalam *predictive maintenance* antara lain:

a. Vibration Analysis

Analisis getaran digunakan untuk mendeteksi ketidakseimbangan, misalignment, kerusakan bearing, keausan roda gigi, dan kelonggaran mekanis. Perubahan pola getaran sering menjadi indikator awal terjadinya kerusakan.

b. Thermography

Metode ini menggunakan kamera inframerah untuk mendeteksi peningkatan temperatur pada komponen listrik maupun mekanik. Suhu yang tidak normal dapat menunjukkan adanya gesekan berlebih, beban berlebih, atau kerusakan sistem.

c. Oil Analysis

Analisis pelumas dilakukan untuk mengetahui kandungan partikel logam, kadar air, viskositas, maupun kontaminan lain. Hasil analisis dapat menggambarkan tingkat keausan komponen internal mesin.

d. Ultrasonic Testing

Gelombang ultrasonik digunakan untuk mendeteksi kebocoran udara, gas, maupun cairan serta kerusakan bearing yang belum dapat dideteksi secara visual.

e. Electrical Monitoring

Pemantauan arus, tegangan, faktor daya, dan kualitas daya listrik digunakan untuk mengetahui kondisi motor listrik maupun sistem kelistrikan lainnya.

2.1.3 *Corrective Maintenance*

Perawatan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadinya kerusakan pada peralatan, sehingga peralatan tersebut tidak dapat berfungsi dengan baik. Aktivitas perawatan korektif mencakup seluruh upaya untuk mengembalikan sistem dari kondisi rusak menjadi beroperasi kembali. Perbaikan dilakukan hanya setelah terjadi kerusakan, meskipun terdapat beberapa perbaikan yang dapat ditunda.

Tujuan dari perawatan korektif adalah untuk memperbaiki peralatan atau fasilitas produksi yang mengalami kerusakan, sehingga dapat digunakan kembali dalam proses produksi. Dengan demikian, operasi produksi dapat berjalan lancar dan kembali normal.

Secara umum, tujuan *utama maintenance* adalah:

1. Menjaga keandalan dan ketersediaan mesin.
2. Mengurangi frekuensi kerusakan (*breakdown*).
3. Meminimalkan waktu henti (*downtime*).
4. Memperpanjang umur pakai mesin dan komponen.
5. Menekan biaya perbaikan dan biaya produksi.
6. Menjaga kualitas hasil produksi.
7. Meningkatkan keselamatan operator selama pengoperasian mesin.

Pelaksanaan *maintenance* yang baik akan memberikan keuntungan bagi perusahaan, antara lain meningkatkan produktivitas, mengurangi biaya perbaikan mendadak, meningkatkan kualitas produk, serta memperpanjang umur ekonomis mesin. Oleh karena itu, setiap perusahaan industri perlu memiliki sistem *maintenance* yang terencana agar proses produksi dapat berlangsung secara berkesinambungan.

Preventive maintenance merupakan salah satu strategi pemeliharaan yang paling banyak diterapkan pada industri manufaktur karena mampu meningkatkan keandalan mesin sekaligus menekan biaya operasional. Dengan melakukan pemeriksaan dan perawatan secara berkala, kondisi setiap komponen dapat dipantau sehingga kerusakan dapat dicegah sebelum berkembang menjadi lebih serius.

Dalam penelitian ini, *preventive maintenance* diterapkan pada mesin *PS Foam Sheet Roll Extruder* melalui pemeriksaan komponen heater, bearing, *thermocouple*, *gearbox*, *screw*, dan *die head*. Pemeliharaan dilakukan secara berkala melalui inspeksi, pembersihan, pelumasan, penyetelan, serta penggantian komponen yang telah mengalami keausan. Penerapan metode ini diharapkan mampu meningkatkan nilai *MTBF*, menurunkan nilai *MTTR*, mengurangi *downtime*, serta meningkatkan kontinuitas proses produksi.

2.2 Strategi Pemeliharaan

Prinsip pemeliharaan fasilitas produksi adalah menjaga tingkat konsistensi dalam mengoptimalkan produksi dan kesiapan fasilitas tanpa mengesampingkan keselamatan. Untuk mencapainya diperlukan strategi pemeliharaan.



Gambar 2. 2 Klasifikasi strategi pemeliharaan, (Li & Wang, 2016).

Gambar 2.2 menunjukkan klasifikasi strategi pemeliharaan (*maintenance strategy*) yang secara umum terbagi menjadi dua kelompok utama, yaitu pemeliharaan korektif (*Corrective Maintenance*) dan pemeliharaan preventif (*Preventive Maintenance*). Kedua strategi tersebut memiliki tujuan yang sama, yaitu menjaga keandalan mesin dan memastikan proses produksi dapat berlangsung secara optimal, namun berbeda dalam waktu pelaksanaan dan metode penerapannya.

1. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Pemeliharaan korektif merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah mesin atau peralatan mengalami kerusakan. Strategi ini bertujuan untuk

mengembalikan fungsi mesin agar dapat beroperasi kembali. Pada gambar, pemeliharaan korektif dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- *Emergency Maintenance* (Darurat) merupakan tindakan perbaikan yang harus dilakukan segera setelah terjadi kerusakan karena kerusakan tersebut dapat menghentikan proses produksi atau membahayakan keselamatan kerja. Perbaikan tidak dapat ditunda sehingga memerlukan respons yang cepat.
- *Deferred Maintenance* (Ditunda) merupakan tindakan perbaikan yang dapat ditunda karena kerusakan yang terjadi belum memberikan dampak signifikan terhadap operasi mesin. Perbaikan dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan atau ketika mesin tidak sedang digunakan.

2. Pemeliharaan *Preventif* (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan preventif adalah kegiatan pemeliharaan yang dilakukan sebelum terjadi kerusakan dengan tujuan mencegah kegagalan fungsi mesin. Strategi ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan mesin, memperpanjang umur komponen, serta mengurangi downtime. Pada gambar, preventive maintenance dibedakan menjadi dua metode utama, yaitu:

- *Time-Based Maintenance* (TBM) merupakan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan interval waktu tertentu atau jumlah jam operasi mesin. Contohnya adalah penggantian oli setiap 500 jam operasi atau pemeriksaan bearing setiap satu bulan sekali.
- *Condition-Based Maintenance* (CBM) merupakan pemeliharaan yang dilakukan berdasarkan kondisi aktual mesin. Kondisi mesin dipantau melalui inspeksi atau alat monitoring sehingga tindakan pemeliharaan dilakukan hanya ketika terdapat indikasi penurunan performa.

Selanjutnya, *Predictive Maintenance* (PdM) merupakan pengembangan dari *Condition-Based Maintenance*. Pada metode ini digunakan teknologi sensor, sistem monitoring, dan analisis data untuk memprediksi kapan suatu komponen akan mengalami kerusakan. Dengan demikian, kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan pada waktu yang paling tepat sebelum terjadi kegagalan, sehingga biaya pemeliharaan dan *downtime* dapat diminimalkan. Berdasarkan klasifikasi tersebut,

preventive maintenance menjadi strategi yang paling sesuai untuk penelitian ini karena bertujuan mencegah kerusakan sebelum terjadi.

2.3 Mesin *Extruder Rolls Ps Foam Sheet*

Mesin *extruder PS foam* adalah mesin industri yang digunakan untuk memproduksi lembaran atau roll busa *polistirena (PS foam)* melalui proses ekstrusi. Proses ini melibatkan pemanasan dan pelelehan bahan baku polistirena, kemudian pencampuran dengan agen pembuih (*blowing agent*) dan aditif, lalu didorong melalui cetakan khusus untuk membentuk struktur busa dengan sel-sel halus secara kontinu menjadi lembaran (EPSOLE, 2019).

Mesin ini biasanya menggunakan teknologi sekrup ganda (*twin-screw*) atau dua tahap ekstrusi untuk menghasilkan lembaran *PS foam* berkualitas tinggi yang memiliki sifat isolasi panas, ringan, kuat, dan mudah dibentuk.



Gambar 2. 3 Mesin *Extruder* (EPSOLE,2019)

Jenis-jenis Mesin *Extruder*

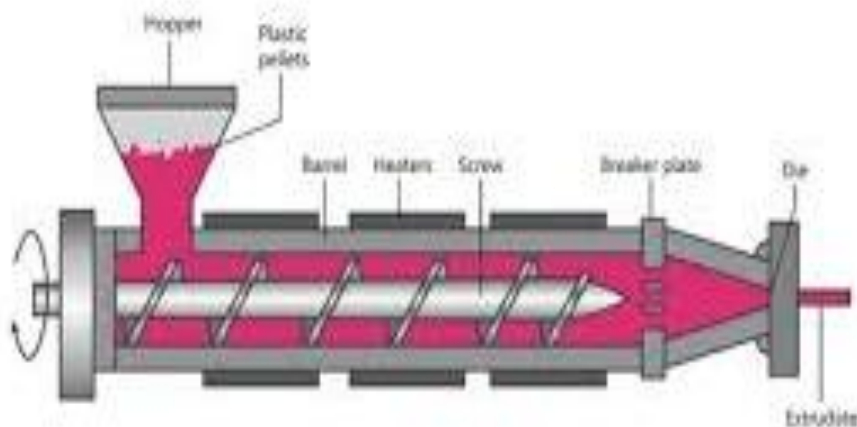
2.3.1 Mesin *Extruder Single Screw*

Mesin *extruder single screw* adalah mesin ekstrusi yang hanya menggunakan satu buah sekrup dalam sebuah barrel (tabung) untuk memproses bahan. Cara kerjanya adalah dengan menggerakkan bahan dari bagian depan ke belakang melalui putaran sekrup, kemudian bahan tersebut dipanaskan, dilelehkan, dan ditekan keluar melalui cetakan (*die*) sesuai bentuk yang diinginkan.

Ciri-ciri utama :

- a. Struktur mekanis sederhana dengan satu sekrup saja.
- b. Pergerakan bahan terutama bergantung pada gesekan bahan terhadap dinding *barrel* dan sekrup agar bahan terdorong maju.

- c. Umumnya lebih murah dan mudah dioperasikan dibandingkan *twin screw extrude*.
- d. Kemampuan pencampuran (*mixing*) bahan relatif terbatas, sehingga kurang efektif untuk bahan yang memerlukan homogenisasi tinggi.
- e. Cocok untuk proses ekstrusi sederhana seperti pembuatan pipa, lembaran plastik sederhana, kabel, atau produk profil yang bahan bakunya homogen.



Gambar 2. 4 *Single Screw Extruder* (EPSOLE, 2019)

Kelebihan :

- a. Biaya awal dan biaya operasi lebih rendah.
- b. Lebih hemat energi dalam banyak aplikasi.
- c. Struktur simpel sehingga perawatan dan pembersihan lebih mudah.

Kekurangan :

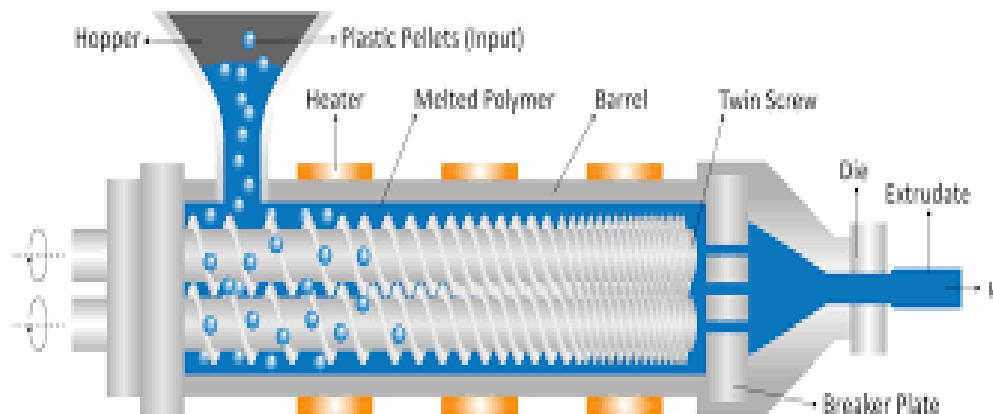
- a. Kemampuan pencampuran dan pengolahan material kompleks rendah
- b. Tidak cocok untuk bahan dengan aditif atau filler yang memerlukan distribusi merata.

2.3.2 Mesin *Extruder Twin Screw*

Mesin *extruder twin screw* adalah jenis *extruder* yang menggunakan dua sekrup yang berinteraksi (*intermeshing*) di dalam barrel. Kedua sekrup tersebut bisa berputar searah (*co-rotating*) atau berlawanan arah (*counter-rotating*) tergantung aplikasi dan kebutuhan proses.

Ciri-ciri utama :

- Menggunakan dua sekrup yang saling berhubungan, sehingga material diproses dengan penggerak yang lebih kuat dan stabil tanpa hanya bergantung pada gesekan terhadap barrel.
- Kemampuan pencampuran dan penghomogenan lebih tinggi karena bahan mengalami aksi shearing dan kneading saat bergerak di antara dua sekrup.
- Lebih fleksibel untuk mengolah material kompleks yang mengandung aditif, filler, atau bahan sensitif.
- Produk yang dihasilkan umumnya lebih seragam dan berkualitas tinggi.



Gambar 2. 5 Mesin *Extruder Twin Screw* (EPSOLE, 2019)

Kelebihan :

- Kemampuan mencampur bahan jauh lebih baik daripada single screw extruder.
- Memungkinkan pemrosesan material dengan variasi kandungan air, minyak, atau aditif yang tinggi.
- Throughput* (kapasitas produksi) lebih tinggi dan waktu tinggal bahan di dalam extruder bisa dikontrol lebih baik.

Kekurangan :

- Struktur lebih kompleks dan biaya investasi awal lebih tinggi.
- Penyusunan dan perawatan lebih rumit, sehingga memerlukan teknisi yang terlatih.
- Konsumsi energi bisa lebih tinggi karena sistem yang lebih canggih.

2.4 Perbedaan Utama Mesin *Extruder*

Pada tabel dibawah ini terdapat perbedaan utama pada mesin *extruder*.

Tabel 2. 1 Perbedaan Mesin *Extruder* (Dekuma, 2024)

Aspek	<i>Single Screw Extruder</i>	<i>Twin Screw Extruder</i>
Jumlah sekrup	1 sekrup	2 sekrup yang saling berinteraksi
Struktur	Sederhana	Kompleks
Pencampuran bahan	Terbatas	Sangat baik
Penanganan material kompleks	Kurang cocok	Sangat cocok
Biaya investasi	Lebih rendah	Lebih tinggi
Produktivitas	Sedang	Tinggi
Kualitas produk	Cukup untuk bahan homogen	Lebih stabil & homogen

2.5 Prinsip- Prinsip *Preventive maintenance* pada Mesin *Extruder*

- Inspeksi komponen secara berkala, memeriksa semua komponen *moving parts, gear, bearing, belt*, serta sambungan listrik secara berkala untuk memastikan tidak ada kerusakan dini.
- Pembersihan dan pelumasan, membersihkan *screw, barrel, die head* dan sistem pendingin/ pemanas dari sisa material yang dapat menyebabkan penumpukan residu atau abrasi.
- Pemeriksaan sistem pemanas / pendingin, memastikan suhu proses bekerja sesuai standar, karena temperatur yang tidak stabil dapat mempengaruhi kualitas ekstrusi.
- Penggantian komponen aus, komponen yang sering mengalami keausan (misalnya *screw/barrel*) perlu diganti sebelum menyebabkan kerusakan yang lebih besar.
- Penjadwalan *preventive maintenance*, membuat jadwal mingguan atau bulanan yang jelas berdasarkan waktu kerja mesin dan jam operasional. Jadwal ini dilakukan secara disiplin agar pemeliharaan tidak terlewat.

2.6 Mean Time Between Failure (MTBF)

MTBF adalah indikator efektivitas *preventive maintenance*, yang menunjukkan rata-rata waktu kerja mesin tanpa mengalami kegagalan. *MTBF* dihitung dengan :

$$MTBF = \frac{\text{Total waktu operasi}}{\text{Jumlah kegagalan}} \quad (2.1)$$

MTBF lebih tinggi menggambarkan peningkatan keandalan mesin akibat penerapan *preventive maintenance* yang efektif. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai *MTBF* antara lain (Fatma et al., 2020) :

- Kualitas desain mesin dengan desain yang baik akan memiliki *MTBF* lebih tinggi.
- Kondisi operasi, beban kerja yang terlalu berat dapat mempercepat kerusakan.
- Lingkungan kerja, contoh: suhu tinggi, debu, kelembaban, getaran
- Kualitas *maintenance*, perawatan yang baik akan meningkatkan *MTBF*.

2.7 Mean Time To Repair (MTTR)

MTTR adalah rata-rata waktu yang diperlukan untuk memperbaiki mesin ketika terjadi kegagalan, dihitung sebagai :

$$MTTR = \frac{\text{Total waktu perbaikan}}{\text{Jumlah kegagalan}} \quad (2.2)$$

Nilai *MTTR* yang rendah menunjukkan tim *maintenance* dapat memperbaiki kerusakan secara cepat dan efisien. Dalam praktiknya, *MTTR* tidak hanya menghitung waktu memperbaiki saja, tetapi biasanya mencakup beberapa tahapan:

- Waktu deteksi kerusakan, waktu sejak mesin rusak sampai diketahui oleh operator.
- Waktu diagnosis, waktu untuk menganalisis penyebab kerusakan.
- Waktu persiapan perbaikan, menyiapkan alat, teknisi, dan spare part.
- Waktu perbaikan, proses memperbaiki atau mengganti komponen.
- Waktu pengujian, memastikan mesin kembali bekerja normal.

Total dari seluruh waktu tersebut menjadi waktu *repair*.

2.8 Reliability (Keandalan Mesin)

Reliability atau keandalan merupakan kemampuan suatu mesin atau sistem

untuk menjalankan fungsi yang telah ditetapkan dalam kondisi operasi tertentu selama periode waktu tertentu tanpa mengalami kegagalan. Dalam industri manufaktur, keandalan menjadi salah satu indikator penting karena berkaitan langsung dengan kontinuitas proses produksi, efisiensi penggunaan sumber daya, serta kemampuan perusahaan dalam memenuhi target produksi. Mesin dengan tingkat reliability yang tinggi akan memiliki peluang kerusakan yang lebih rendah sehingga dapat beroperasi secara optimal dalam jangka waktu yang lebih lama.

Konsep reliability tidak hanya berkaitan dengan umur pakai komponen, tetapi juga dipengaruhi oleh kualitas material, metode pengoperasian, lingkungan kerja, sistem pelumasan, serta efektivitas program maintenance yang diterapkan. Apabila salah satu faktor tersebut tidak berjalan dengan baik, maka probabilitas terjadinya kegagalan akan meningkat dan menyebabkan downtime yang berdampak terhadap produktivitas perusahaan.

Pada mesin PS Foam Sheet Rolls Extruder, reliability sangat menentukan kestabilan proses ekstrusi. Mesin ini bekerja secara kontinu dengan temperatur tinggi sehingga setiap komponen seperti heater, screw, gearbox, bearing, dan thermocouple harus berada dalam kondisi optimal. Kerusakan pada salah satu komponen tersebut dapat menghentikan proses produksi dan menyebabkan kerugian ekonomi yang cukup besar.

Hubungan antara reliability dengan preventive maintenance sangat erat. Preventive maintenance bertujuan mempertahankan kondisi mesin agar tetap berada pada tingkat keandalan yang tinggi melalui inspeksi rutin, pelumasan, penyetelan, pembersihan, dan penggantian komponen sebelum mengalami kegagalan. Dengan demikian, peluang terjadinya breakdown dapat dikurangi sehingga nilai MTBF meningkat dan waktu operasi mesin menjadi lebih panjang.

2.9 Availability (Ketersediaan Mesin)

Availability merupakan kemampuan suatu mesin untuk berada dalam kondisi siap digunakan ketika dibutuhkan dalam proses produksi. Availability dipengaruhi oleh tingkat keandalan mesin (*reliability*) serta kemampuan teknisi dalam melakukan perbaikan (*maintainability*). Mesin dengan availability tinggi mampu memenuhi kebutuhan produksi tanpa mengalami gangguan yang berarti. Dalam industri manufaktur, availability dihitung berdasarkan perbandingan antara

waktu operasi aktual dengan total waktu yang tersedia. Nilai *availability* yang tinggi menunjukkan bahwa mesin lebih banyak digunakan untuk memproduksi dibandingkan berhenti akibat kerusakan ataupun kegiatan perbaikan.

Hubungan *availability* dengan *MTBF* dan *MTTR* sangat erat. Nilai *MTBF* yang tinggi menunjukkan bahwa mesin jarang mengalami kerusakan, sedangkan nilai *MTTR* yang rendah menunjukkan bahwa waktu perbaikan relatif singkat. Kombinasi kedua indikator tersebut akan menghasilkan *availability* yang lebih tinggi sehingga kapasitas produksi perusahaan dapat meningkat. Pada mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder*, *availability* menjadi indikator penting karena proses ekstrusi berlangsung secara kontinu. Gangguan kecil pada sistem pemanas, *screw*, *gearbox*, maupun bearing dapat menyebabkan seluruh proses produksi berhenti. Oleh sebab itu, perusahaan harus memastikan bahwa setiap komponen berada dalam kondisi siap digunakan melalui penerapan *preventive maintenance* yang konsisten.

Peningkatan *availability* dapat dilakukan melalui penyusunan jadwal *maintenance* yang baik, penyediaan spare part kritis, peningkatan kompetensi teknisi, penerapan inspeksi berkala, serta pencatatan riwayat kerusakan mesin. Langkah-langkah tersebut akan membantu perusahaan dalam menjaga stabilitas produksi dan mengurangi kerugian akibat *downtime*. Secara keseluruhan, *availability* merupakan indikator penting yang menggambarkan tingkat kesiapan mesin dalam mendukung kegiatan produksi. Nilai *availability* yang tinggi menunjukkan bahwa sistem *maintenance* telah berjalan secara efektif dan mampu menjaga kontinuitas operasi perusahaan.

2.10 Faktor yang Mempengaruhi Efektivitas Preventif Maintenance

Ada beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas *preventif maintenance*, yaitu :

1. Sumber daya manusia. Kompetensi teknisi sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan inspeksi maupun perbaikan. Teknisi yang memiliki kemampuan tinggi mampu mendeteksi kerusakan lebih awal sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan.

2. Ketersediaan suku cadang. Program preventive maintenance tidak akan berjalan dengan baik apabila perusahaan tidak memiliki persediaan komponen kritis seperti heater, bearing, gearbox, maupun thermocouple.
3. Sistem dokumentasi. Seluruh aktivitas maintenance harus dicatat secara sistematis agar riwayat kerusakan dapat dianalisis. Dokumentasi tersebut menjadi dasar dalam menentukan interval penggantian komponen maupun penyusunan jadwal maintenance berikutnya.
4. komitmen manajemen. Dukungan perusahaan terhadap kegiatan maintenance melalui penyediaan anggaran, pelatihan teknisi, serta pengadaan alat inspeksi sangat menentukan keberhasilan penerapan *preventive maintenance*.
5. Kedisiplinan pelaksanaan jadwal *maintenance*. Program yang telah disusun harus dilaksanakan secara konsisten agar manfaat preventive maintenance dapat dirasakan secara maksimal. Penundaan jadwal perawatan dapat meningkatkan risiko terjadinya kerusakan yang lebih besar serta menambah biaya perbaikan.

Secara keseluruhan, efektivitas *preventive maintenance* tidak hanya dipengaruhi oleh metode yang digunakan, tetapi juga oleh kesiapan sumber daya manusia, fasilitas pendukung, sistem dokumentasi, serta komitmen perusahaan dalam menjaga keandalan mesin produksi.

2.11 *Maintenance Management*

Manajemen pemeliharaan merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mengelola seluruh aktivitas pemeliharaan peralatan produksi secara terencana, sistematis, dan berkesinambungan agar mesin selalu berada pada kondisi optimal. Manajemen pemeliharaan tidak hanya berfokus pada kegiatan perbaikan ketika terjadi kerusakan, tetapi juga mencakup proses perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, pengawasan, dan evaluasi terhadap seluruh kegiatan maintenance.

Dalam industri manufaktur, penerapan manajemen pemeliharaan memiliki peranan penting dalam menjaga kelancaran proses produksi. Mesin produksi yang beroperasi secara terus-menerus akan mengalami penurunan performa akibat keausan komponen, beban kerja, temperatur tinggi, maupun faktor lingkungan.

Oleh karena itu, perusahaan harus memiliki sistem pemeliharaan yang mampu mengendalikan risiko kerusakan sebelum mengganggu proses produksi.

Manajemen pemeliharaan memiliki beberapa tujuan utama, yaitu meningkatkan keandalan mesin, memperpanjang umur pakai peralatan, mengurangi frekuensi kerusakan, meminimalkan downtime, meningkatkan keselamatan kerja, serta menekan biaya operasional perusahaan. Pencapaian tujuan tersebut dilakukan melalui penyusunan jadwal pemeliharaan, pengendalian suku cadang, pelatihan teknisi, serta evaluasi kinerja mesin secara berkala.

Fungsi utama manajemen pemeliharaan meliputi perencanaan pekerjaan, pengaturan sumber daya manusia, pengadaan material dan suku cadang, pengawasan pelaksanaan maintenance, serta evaluasi hasil pemeliharaan. Seluruh fungsi tersebut saling berkaitan sehingga keberhasilan program maintenance sangat dipengaruhi oleh koordinasi yang baik antarbagian.

Dalam pelaksanaannya, manajemen pemeliharaan diawali dengan identifikasi kondisi mesin melalui inspeksi rutin. Hasil inspeksi digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas perbaikan, menyusun jadwal preventive maintenance, serta memperkirakan kebutuhan suku cadang. Selanjutnya dilakukan pelaksanaan maintenance sesuai prosedur kerja yang telah ditetapkan, kemudian dilakukan evaluasi terhadap hasil perawatan untuk mengetahui efektivitas tindakan yang telah dilakukan.

Keberhasilan manajemen pemeliharaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kompetensi tenaga maintenance, ketersediaan suku cadang, dokumentasi riwayat kerusakan, dukungan manajemen perusahaan, serta penerapan standar operasional prosedur (SOP). Apabila faktor-faktor tersebut dapat dipenuhi dengan baik, maka kegiatan pemeliharaan akan berjalan lebih efektif dan efisien.

Pada mesin PS Foam Sheet Rolls Extruder, penerapan manajemen pemeliharaan sangat diperlukan karena mesin bekerja secara kontinu dengan temperatur dan tekanan tinggi. Kerusakan pada komponen seperti heater, gearbox, bearing, thermocouple, maupun screw dapat menyebabkan terhentinya proses produksi. Oleh sebab itu, seluruh aktivitas pemeliharaan harus direncanakan berdasarkan data historis kerusakan sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan yang lebih besar.

2.12 Keandalan Komponen Mesin (*Component Reliability*)

Keandalan komponen mesin (*component reliability*) merupakan kemampuan setiap komponen penyusun mesin untuk menjalankan fungsi operasionalnya secara konsisten tanpa mengalami kegagalan selama periode waktu tertentu. Dalam suatu sistem produksi, keandalan mesin secara keseluruhan sangat dipengaruhi oleh tingkat keandalan masing-masing komponen. Apabila satu komponen mengalami kerusakan, maka seluruh sistem dapat berhenti beroperasi sehingga mengakibatkan terganggunya proses produksi.

Pada mesin PS Foam Sheet Rolls Extruder, setiap komponen memiliki fungsi yang saling berhubungan. Komponen seperti heater berfungsi menghasilkan panas untuk melelehkan material polystyrene, screw bertugas mengalirkan dan menekan material menuju die, gearbox meneruskan tenaga dari motor penggerak, bearing menopang putaran poros agar tetap stabil, sedangkan thermocouple mengendalikan temperatur selama proses ekstrusi berlangsung. Oleh karena itu, kegagalan pada salah satu komponen tersebut dapat menurunkan performa mesin secara keseluruhan.

Tingkat keandalan komponen dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kualitas material, umur pakai, kondisi lingkungan kerja, beban operasi, temperatur, sistem pelumasan, serta ketepatan prosedur pengoperasian mesin. Komponen yang bekerja pada temperatur tinggi atau menerima beban secara terus-menerus cenderung mengalami keausan lebih cepat dibandingkan komponen yang bekerja pada kondisi normal. Oleh sebab itu, pengawasan terhadap kondisi setiap komponen perlu dilakukan secara berkala melalui kegiatan inspeksi dan preventive maintenance. Evaluasi keandalan komponen dapat dilakukan dengan menganalisis frekuensi kerusakan, waktu antar kerusakan, lama waktu perbaikan, serta riwayat penggantian komponen. Data tersebut menjadi dasar dalam menentukan komponen kritis yang membutuhkan perhatian lebih besar. Komponen yang memiliki frekuensi kerusakan tinggi perlu dijadikan prioritas dalam penyusunan jadwal *preventive maintenance* sehingga potensi terjadinya downtime dapat diminimalkan.

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada unit *extruder rolls ps foam sheet* yang beroperasi di CV Multi Buana dan Laboratorium Proses Produksi Prodi Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian berlangsung selama 19 Juli 2025 - 09 Agustus 2025, mencakup tahapan pengumpulan data, analisis, dan evaluasi hasil.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

Kegiatan		Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Pengajuan judul	■					
2	Studi literature	■	■				
3	Penulisan proposal	■	■	■			
4	Seminar proposal	■	■	■	■		
5	Pengambilan Data	■	■	■	■	■	
6	Penyelesaian skripsi	■	■	■	■	■	■
7	Sidang Tugas Akhir						

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam pengumpulan data berupa :

1. Lembar observasi untuk mencatat aktivitas *preventive maintenance* harian, mingguan, dan bulanan.
2. *Form* wawancara dengan pertanyaan terstruktur kepada teknisi untuk mendapatkan informasi kualitatif terkait kendala dan efektivitas *preventive maintenance*.

3. *Stopwatch* atau alat pencatat waktu untuk merekam waktu perbaikan dan waktu operasi mesin sebelum kerusakan.



Gambar 3. 1 Mesin *PS foam sheet*

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang dikumpulkan menggunakan beberapa teknik berikut :

1. Observasi lapangan

Peneliti melakukan pengamatan langsung terhadap proses *preventive maintenance* yang berjalan, mencatat kegiatan harian dan jadwal mingguan/bulanan sesuai dengan rencana *preventive maintenance* yang diterapkan.

2. Wawancara Terstruktur

Wawancara dilakukan dengan teknisi *maintenance* dan supervisor produksi untuk memahami praktik perawatan, kendala teknis yang sering muncul, serta langkah-langkah perawatan yang dilakukan.

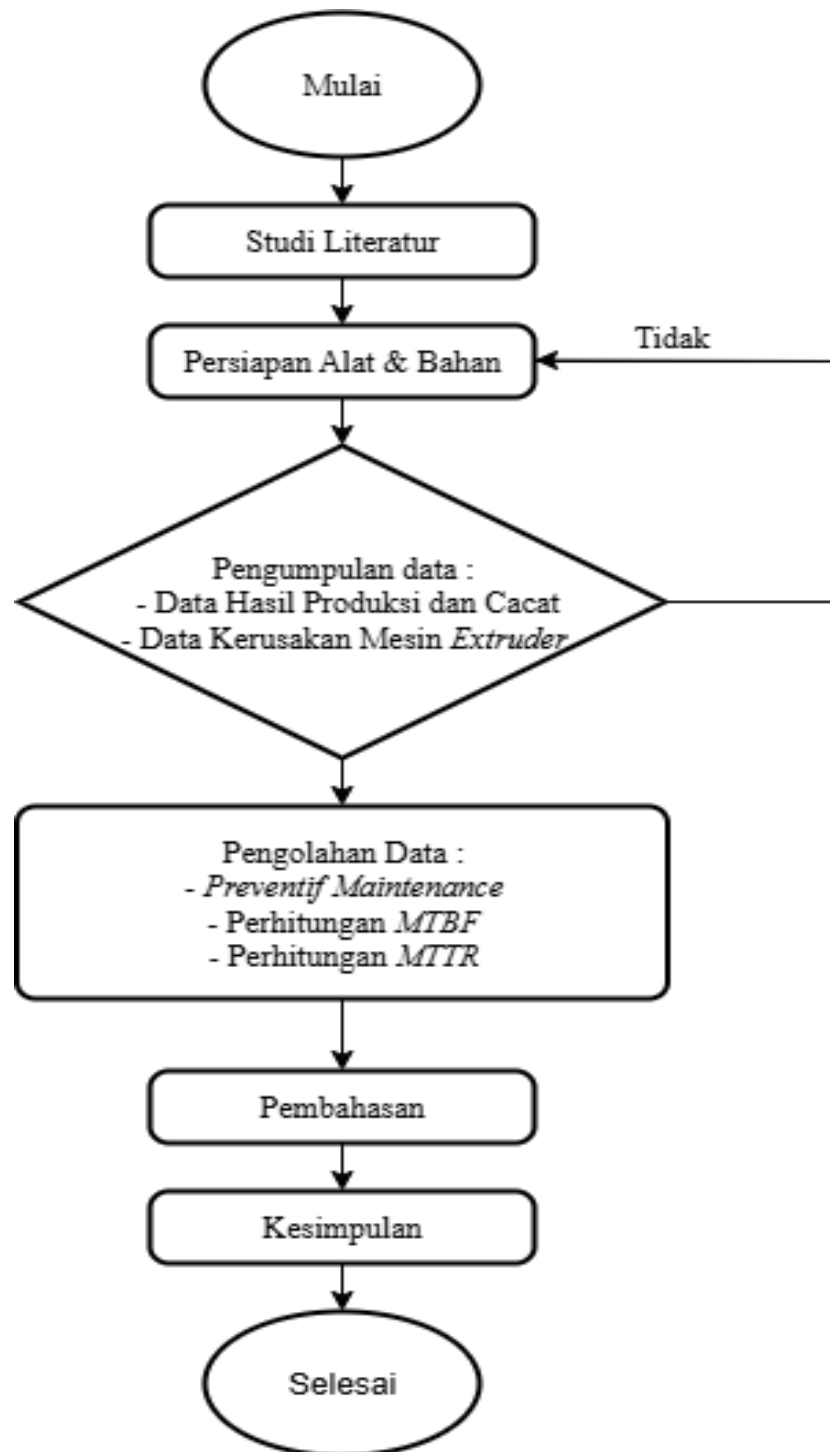
3. Dokumentasi

Pengumpulan dokumen berupa log mesin, catatan downtime, jadwal *preventive maintenance*, dan data komponen mesin. Dokumentasi ini mendukung perhitungan *MTBF*, *MTTR*, dan analisis efektivitas program *preventive maintenance*.

4. Pengukuran Waktu

Data waktu operasi mesin, perbaikan, serta waktu antar kegagalan direkam untuk mengukur indikator performa seperti *downtime*, *MTBF*, dan *MTTR*.

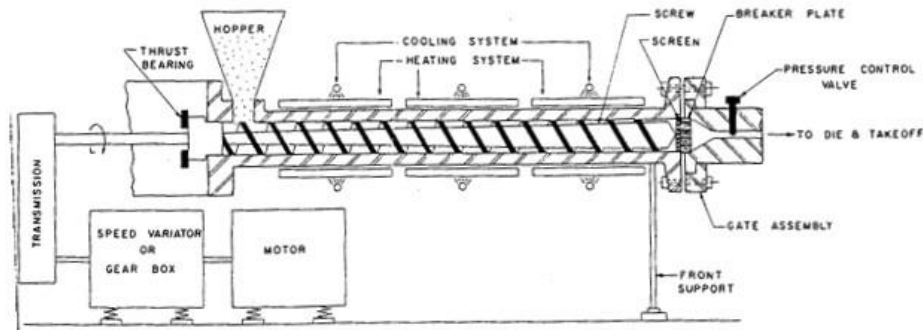
3.3 Diagram Alir



Gambar 3. 2 Bagan alir penelitian

3.4 Rancangan Alat Penelitian

Rancangan alat penelitian berupa gambar sketsa, dapat dilihat pada gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3. 3 Gambar skema alat penelitian

Keterangan :

1. *Screw*

Karena kita ketahui *PVC* adalah material yang tidak stabil dalam keadaan panas, maka untuk proses ini memerlukan *screw* dengan kedalaman *chanel* yang lebih, sedikit bahkan tidak ada zona metering sama sekali, bahan dilapisi dengan *hard chrom*, ujung *screw* berbentuk kerucut menghindari material tertahan. Diameter *screw* bervariasi antara 30mm s/d 140mm. *L/D* rasio bervariasi antara 18 - 22 untuk single screw dan 16 - 18 untuk double/twin screw. Compression rasio bervariasi antara 1.5 - 2.2 : 1 baik untuk *screw single* maupun twin. *Venting* (lubang) pada extruder di pakai untuk menghilangkan uap/gas.

2. *Screw PP/PE*

Screw PP/PE hampir sama, tetapi *screw* ini di desain dengan *chanel* yang dangkal, *compressi* tiba-tiba dan zona metering yang lebih panjang. *L/D* rasio bervariasi 24:1 s/d 33:1, diameter *screw* 20mm s/d 250mm, *compressi* rasio 2.5 s/d 3.1.

3. *Type Screw Barrier* (2 ulir)

Pada kasus-kasus tertentu atau permintaan design khusus, *screw* tidak dapat menyelesaikan proses leleh secara sempurna. Jadi dalam kasus tertentu extruder berisi material plastik yang belum leleh, ini dapat di cegah dengan membuat *screw* ulir kedua (*barrier*) pada kanal.

3.5 Prosedur Penelitian

Berikut prosedur penelitian secara sistematis :

1. Perencanaan Penelitian

Menyusun proposal penelitian, menentukan judul, lokasi penelitian, serta alat yang digunakan.

2. Studi Literatur

Mengkaji teori-teori terkait *preventive maintenance*, indikator kinerja mesin (*MTBF* dan *MTTR*), dan studi kasus sebelumnya ulasan jurnal dan literatur yang relevan

3. Pengumpulan Data Primer dan Sekunder

Observasi lapangan dan wawancara di CV Multi Buana, serta pengambilan data log mesin dan laporan *maintenance*.

4. Pengolahan Data

Data yang terkumpul diolah menggunakan metode statistik sederhana seperti perhitungan *MTBF*, *MTTR*, terhadap penerapan *preventive maintenance*.

5. Analisis Data

Analisis menggabungkan data kuantitatif dan wawancara kualitatif untuk menilai hubungan antara penerapan *preventive maintenance* dan kinerja mesin termasuk identifikasi faktor penyebab kerusakan umum serta pola perawatan yang efektif.

6. Interpretasi Hasil dan Pembahasan

Menyimpulkan informasi berdasarkan indikator performa serta membandingkan kondisi mesin sebelum dan sesudah penerapan program *preventive maintenance*.

7. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini menarik kesimpulan tentang efektivitas *preventive maintenance* dalam meningkatkan kinerja mesin dan memberikan rekomendasi praktis bagi CV Multi Buana.

3.6 Variabel Penelitian

3.6.1 Objek Penelitian

Objek utama dalam penelitian ini adalah mesin *PS Foam Sheet Extruder* yang digunakan untuk memproduksi lembaran busa *PS (Polystyrene)*. Mesin ini dipilih karena sering mengalami kerusakan dan menjadi sumber *downtime* yang signifikan.

3.6.2 Variabel Penelitian

Tabel 3. 2 Variabel Penelitian

Variabel	Jenis	Definisi Operasional
<i>Preventive maintenance</i>	Independen	Program pemeliharaan berkala yang dijadwalkan untuk mengurangi kerusakan mesin
MTBF	Dependen	Rata-rata waktu antara dua kegagalan mesin, dalam jam
MTTR	Dependen	Rata-rata lama waktu perbaikan ketika terjadi kerusakan, dalam jam

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder* di CV Multi Buana selama bulan Mei. Mesin digunakan untuk memproduksi lembaran *foam polystyrene* dan beroperasi selama 12 jam setiap hari. Pengamatan dilakukan selama 25 hari kerja sehingga total waktu operasi mesin selama penelitian adalah 300 jam. Data penelitian diperoleh dari catatan kerusakan, *downtime*, serta aktivitas perawatan mesin yang dilakukan oleh teknisi perusahaan. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)* untuk mengetahui tingkat keandalan mesin dan efektivitas kegiatan *preventive maintenance*.

4.2 Data Penelitian

Selama periode penelitian dilakukan pencatatan terhadap jam operasi mesin, jumlah kerusakan, *downtime*, serta lama waktu perbaikan. Rekapitulasi data ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4. 1 Data penelitian bulan Mei

No	Keterangan	Nilai
1	Hari kerja	25 hari
2	Jam operasi per hari	12 jam
3	Total jam operasi	300 jam
4	Jumlah kerusakan	8 kali
5	Total <i>downtime</i>	26 jam
6	Total waktu perbaikan	20 jam

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa selama satu bulan penelitian mesin beroperasi selama 300 jam dengan 8 kali kerusakan. Total *downtime* yang terjadi sebesar 26 jam, sedangkan total waktu perbaikan adalah 20 jam.

Tabel 4. 2 Tabel data kerusakan mesin

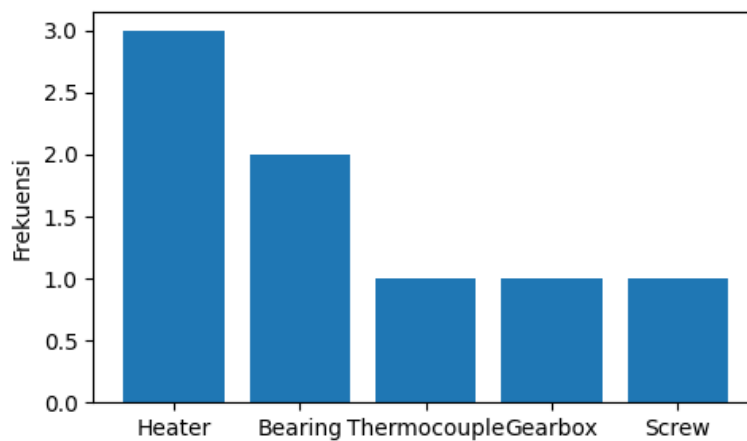
No	Tanggal	Komponen	Penyebab Kerusakan	<i>Repair</i> (Jam)	<i>Downtime</i> (Jam)
1	2 Juli	<i>Heater</i>	Elemen pemanas putus	2,5	3
2	5 Juli	<i>Bearing</i>	Kurang pelumasan	3	4
3	8 Juli	<i>Thermocouple</i>	Sensor rusak	1,5	2
4	11 Juli	<i>Heater</i>	Overheat	2	3
5	15 Juli	<i>Gearbox</i>	Pelumas habis	4	5
6	18 Juli	<i>Bearing</i>	Bearing aus	2	3
7	22 Juli	<i>Screw</i>	Material tersumbat	3	3
8	25 Juli	<i>Heater</i>	Korsleting	2	3

Berdasarkan data pada Tabel 4.2 menunjukkan bahwa komponen *heater* merupakan komponen yang paling sering mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi didominasi oleh elemen pemanas putus dan *overheat* sehingga menyebabkan proses produksi harus dihentikan sementara.

Tabel 4. 3 Tabel rekapitulasi frekuensi kerusakan

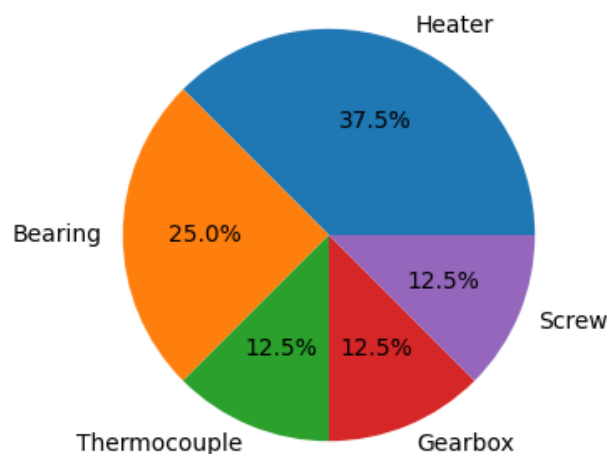
No	Komponen	Frekuensi	Persentase (%)
1	<i>Heater</i>	3	37.5
2	<i>Bearing</i>	2	25.0
3	<i>Thermocouple</i>	1	12.5
4	<i>Gearbox</i>	1	12.5
5	<i>Screw</i>	1	12.5

Pada Tabel 4.3 hasil rekapitulasi menunjukkan bahwa *heater* memiliki frekuensi kerusakan tertinggi yaitu 37,5% dari total kejadian. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen tersebut merupakan komponen kritis yang harus menjadi prioritas dalam *preventive maintenance*.



Gambar 4. 1 Grafik frekuensi kerusakan

Gambar 4.2 menunjukkan bahwa *heater* merupakan komponen dengan frekuensi kerusakan tertinggi sebanyak tiga kali, diikuti *bearing* sebanyak dua kali. Komponen lain hanya mengalami satu kali kerusakan selama periode penelitian.



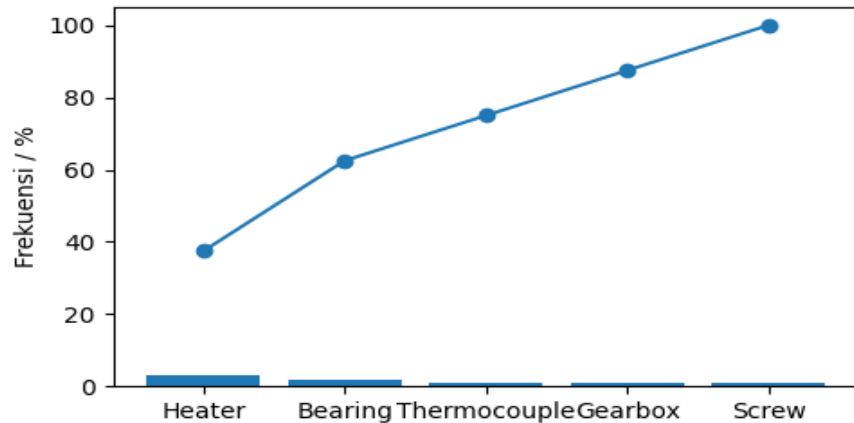
Gambar 4. 2 Diagram persentase kerusakan

Diagram lingkaran menunjukkan bahwa *heater* menyumbang 37,5% dari seluruh kejadian kerusakan sehingga menjadi komponen yang paling kritis.

Tabel 4. 4 Tabel *downtime* mesin

Keterangan	Nilai
Jumlah Kerusakan	8 kali
Total <i>downtime</i>	26 jam
Total waktu perbaikan	20 jam

Dalam Tabel 4.4, penelitian diperoleh total *downtime* mesin sebesar 26 jam yang berasal dari proses identifikasi kerusakan, pembongkaran komponen, penggantian suku cadang, pemasangan kembali, serta pengujian mesin sebelum kembali beroperasi.



Gambar 4. 3 Grafik perbandingan kerusakan

Berdasarkan diagram perbandingan terlihat bahwa dua komponen utama, yaitu *heater* dan *bearing*, telah mewakili 62,5% dari total kejadian kerusakan. Oleh karena itu program *preventive maintenance* perlu diprioritaskan pada kedua komponen tersebut.

4.3 Perhitungan *Mean Time Between Failure (MTBF)*

Perhitungan MTBF dilakukan menggunakan rumus :

$$MTBF = \frac{\text{Total waktu operasi}}{\text{Jumlah kerusakan}}$$

Diketahui:

Total waktu operasi = 300 jam

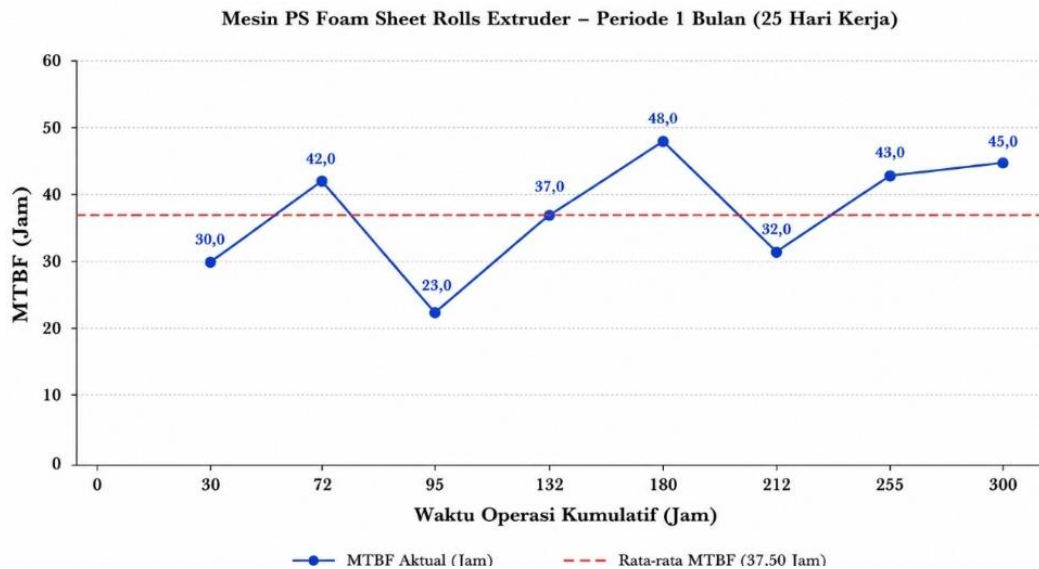
Jumlah kerusakan = 8 kali

$$MTBF = \frac{300}{8} = 37,5 \text{ jam}$$

Tabel 4. 5 Tabel nilai *MTBF*

Total Jam Operasi	Jumlah Kerusakan	<i>MTBF</i> (Jam)
300	8	37,5

Nilai *MTBF* sebesar 37,5 jam menunjukkan bahwa rata-rata mesin mengalami satu kali kerusakan setiap 37,5 jam operasi. Semakin tinggi nilai *MTBF* maka semakin baik tingkat efisiensi kinerja mesin.



Gambar 4. 4 Grafik *MTBF*

Gambar 4.4 *Grafik Mean Time Between Failure (MTBF)* menunjukkan rata-rata waktu operasi mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder* sebelum mengalami kerusakan selama periode penelitian 25 hari kerja dengan total waktu operasi 300 jam.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Mean Time Between Failure (MTBF)* rata-rata sebesar 37,5 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi selama kurang lebih 37,5 jam sebelum terjadi satu kali kerusakan. Dengan kata lain, dalam setiap interval operasi sekitar 37,5 jam, mesin memiliki kemungkinan mengalami gangguan yang memerlukan tindakan perbaikan.

Grafik menunjukkan bahwa nilai *MTBF* aktual mengalami fluktuasi. Nilai *MTBF* terendah terjadi pada interval operasi 95 jam, yaitu sebesar 23 jam, yang mengindikasikan bahwa kerusakan terjadi dalam waktu yang relatif singkat setelah kerusakan sebelumnya. Kondisi ini menunjukkan adanya penurunan keandalan mesin pada periode tersebut, yang kemungkinan disebabkan oleh kondisi komponen yang mulai mengalami keausan atau belum optimalnya pelaksanaan *preventive maintenance*.

Sebaliknya, nilai *MTBF* tertinggi terjadi pada interval operasi 180 jam, yaitu sebesar 48 jam. Hal ini menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi lebih lama tanpa mengalami kerusakan sehingga tingkat keandalannya pada periode tersebut lebih baik dibandingkan interval lainnya.

Garis putus-putus merah pada grafik menunjukkan rata-rata *MTBF* sebesar 37,5 jam. Beberapa nilai *MTBF* berada di atas garis rata-rata, yaitu 42 jam, 48 jam, 43 jam, dan 45 jam, sedangkan nilai 30 jam, 23 jam, dan 32 jam berada di bawah rata-rata. Fluktuasi

tersebut menunjukkan bahwa keandalan mesin belum stabil sehingga diperlukan peningkatan efektivitas program *preventive maintenance*.

Secara keseluruhan, hasil analisis grafik *MTBF* menunjukkan bahwa mesin masih mengalami kerusakan dalam interval waktu yang relatif pendek. Oleh karena itu, perusahaan perlu meningkatkan kegiatan *preventive maintenance*, terutama pada komponen *heater* dan *bearing* yang merupakan komponen dengan frekuensi kerusakan tertinggi. Pemeriksaan berkala, pelumasan, penggantian komponen sesuai umur pakai, dan inspeksi sistem pemanas secara rutin diharapkan dapat meningkatkan nilai *MTBF* sehingga waktu operasi mesin sebelum mengalami kerusakan menjadi lebih lama dan produktivitas perusahaan dapat meningkat.

4.4 Perhitungan *Mean Time To Repair (MTTR)*

Perhitungan *MTTR* dilakukan menggunakan rumus :

$$MTTR = \frac{\text{Total waktu perbaikan}}{\text{Jumlah kerusakan}}$$

Diketahui:

Total waktu perbaikan = 20 jam

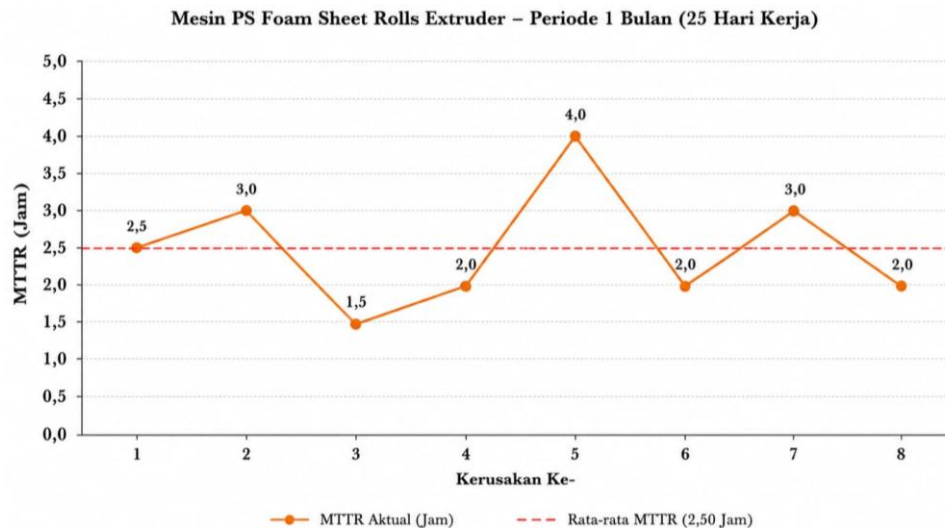
Jumlah kerusakan = 8 kali

$$MTTR = \frac{20}{8} = 2,5 \text{ jam}$$

Tabel 4. 6 Tabel nilai *MTTR*

Total Repair (Jam)	Jumlah Kerusakan	MTTR (Jam)
20	8	2,5

Nilai *MTTR* sebesar 2,5 jam menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu kerusakan. Semakin kecil nilai *MTTR* maka proses perbaikan semakin efektif.



Gambar 4. 5 Grafik *MTTR*

Gambar 4.5 Grafik *Mean Time To Repair (MTTR)* menunjukkan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki setiap kerusakan pada mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder* selama periode penelitian sebanyak 25 hari kerja.

Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai *Mean Time To Repair (MTTR)* rata-rata sebesar 2,5 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa setiap terjadi kerusakan, teknisi membutuhkan waktu rata-rata 2,5 jam untuk menyelesaikan proses perbaikan hingga mesin dapat kembali beroperasi.

Grafik menunjukkan bahwa waktu perbaikan setiap kejadian kerusakan mengalami fluktuasi. Waktu perbaikan tercepat terjadi pada kerusakan ke-3 dengan nilai 1,5 jam, sedangkan waktu perbaikan terlama terjadi pada kerusakan ke-5 dengan nilai 4 jam. Lamanya waktu perbaikan pada kerusakan ke-5 disebabkan oleh kerusakan pada komponen *gearbox*, yang memerlukan proses pembongkaran, pemeriksaan, penggantian komponen, dan penyetelan ulang sebelum mesin dapat dioperasikan kembali.

Sementara itu, beberapa kerusakan lainnya dapat diselesaikan dalam waktu 2 hingga 3 jam. Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar kerusakan yang terjadi masih dapat ditangani dengan baik oleh teknisi karena ketersediaan peralatan dan suku cadang yang memadai.

Garis putus-putus merah pada grafik menunjukkan nilai rata-rata MTTR sebesar 2,5 jam. Terdapat beberapa nilai MTTR yang berada di atas rata-rata, yaitu 3 jam dan 4 jam, sedangkan nilai 1,5 jam dan 2 jam berada di bawah rata-rata. Kondisi ini menunjukkan bahwa waktu perbaikan belum sepenuhnya konsisten karena dipengaruhi oleh jenis kerusakan, tingkat kesulitan perbaikan, serta ketersediaan suku cadang.

Secara keseluruhan, nilai *MTTR* sebesar 2,5 jam menunjukkan bahwa proses perbaikan mesin sudah tergolong cukup baik. Namun, perusahaan masih dapat meningkatkan efektivitas kegiatan perawatan dengan mempercepat identifikasi penyebab kerusakan, meningkatkan keterampilan teknisi melalui pelatihan, menyediakan suku cadang kritis seperti *heater*, *bearing*, dan *gearbox*, serta menyusun prosedur perbaikan yang lebih terstandarisasi. Dengan demikian, waktu perbaikan dapat dipersingkat sehingga *downtime* mesin berkurang dan produktivitas proses produksi dapat meningkat.

4.5 Hasil dan perbandingan *MTBF* dan *MTTR*

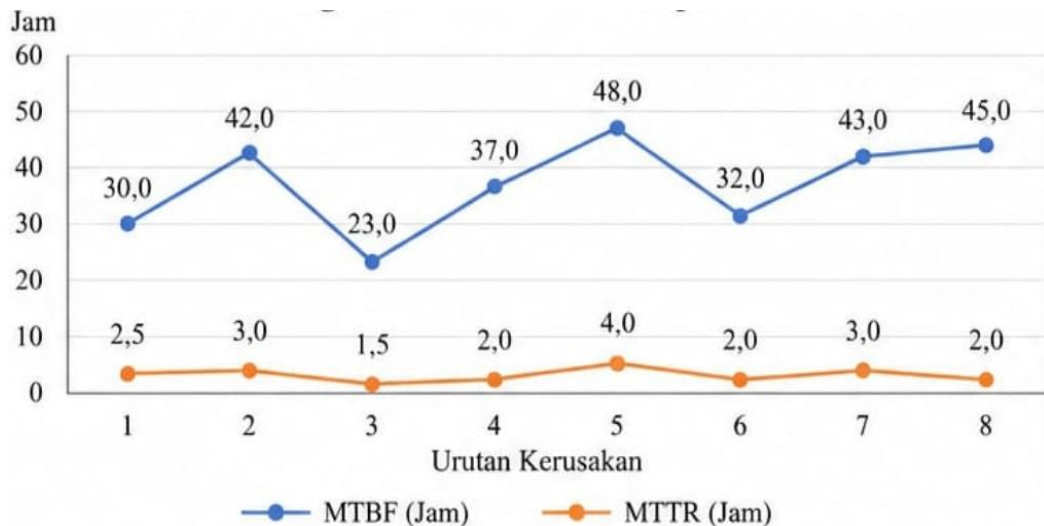
Berdasarkan hasil penelitian selama 25 hari kerja dengan total operasi 300 jam diperoleh delapan kejadian kerusakan. *Heater* merupakan komponen paling kritis. Nilai *MTBF* sebesar 37,5 jam dan *MTTR* sebesar 2,5 jam menunjukkan bahwa keandalan mesin masih dapat ditingkatkan melalui *preventive maintenance* yang lebih terjadwal sehingga *downtime* dapat dikurangi dan produktivitas meningkat.

Tabel 4. 7 Tabel urutan kerusakan

No	Urutan Kerusakan	Jam Operasi Sebelum Kerusakan (<i>MTBF</i>)	Waktu Perbaikan (<i>MTTR</i>)	<i>Downtime</i> (jam)	Komponen
1	1	30,0	2,5	3	<i>Heater</i>
2	2	42,0	3,0	4	<i>Bearing</i>
3	3	23,0	1,5	2	<i>Thermocouple</i>
4	4	37,0	2,0	3	<i>Heater</i>
5	5	48,0	4,0	5	<i>Gearbox</i>
6	6	32,0	2,0	3	<i>Bearing</i>
7	7	43,0	3,0	3	<i>Screw</i>
8	8	45,0	2,0	3	<i>Heater</i>
Total/Rata-rata		37,5	2,5	26	-

Ringkasan hasil :

Total jam operasi : 300 jam
 Jumlah kerusakan : 8 kali
 Total *downtime* : 26 jam
 Total Waktu perbaikan (*Repair*) : 20 jam
 Nilai *MTBF* : 37,5 jam
 Nilai *MTTR* : 2,5 jam



Gambar 4. 6 Grafik perbandingan *MTBF* dan *MTTR* per kerusakan

Gambar 4.6 Perbandingan Nilai *MTBF* dan *MTTR* per Kerusakan menunjukkan hubungan antara waktu rata-rata mesin beroperasi sebelum mengalami kerusakan (*Mean Time Between Failure/MTBF*) dengan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan (*Mean Time To Repair/MTTR*) pada setiap kejadian kerusakan mesin *PS Foam Sheet Rolls Extruder*.

Berdasarkan grafik tersebut, nilai *MTBF* pada setiap kejadian kerusakan berturut-turut adalah 30 jam, 42 jam, 23 jam, 37 jam, 48 jam, 32 jam, 43 jam, dan 45 jam. Sementara itu, nilai *MTTR* masing-masing adalah 2,5 jam, 3 jam, 1,5 jam, 2 jam, 4 jam, 2 jam, 3 jam, dan 2 jam.

Nilai *MTBF* tertinggi terjadi pada kerusakan ke-5, yaitu sebesar 48 jam, yang menunjukkan bahwa mesin mampu beroperasi paling lama sebelum mengalami kerusakan berikutnya. Sebaliknya, nilai *MTBF* terendah terjadi pada kerusakan ke-3, yaitu sebesar 23 jam, yang mengindikasikan bahwa interval antar kerusakan pada periode tersebut relatif singkat sehingga tingkat keandalan mesin menurun.

Pada sisi lain, nilai *MTTR* tertinggi juga terjadi pada kerusakan ke-5, yaitu sebesar 4 jam. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun mesin mampu beroperasi lebih lama sebelum mengalami kerusakan, proses perbaikannya memerlukan waktu yang lebih lama. Kondisi tersebut kemungkinan disebabkan oleh tingkat kerusakan yang lebih kompleks atau proses penggantian komponen yang membutuhkan pembongkaran lebih banyak. Sebaliknya, nilai *MTTR* terendah terjadi pada kerusakan ke-3, yaitu sebesar 1,5 jam, sehingga kerusakan tersebut dapat ditangani dengan lebih cepat.

Secara umum terlihat bahwa nilai *MTBF* jauh lebih besar dibandingkan nilai *MTTR* pada seluruh kejadian kerusakan. Kondisi ini menunjukkan bahwa mesin memiliki waktu operasi yang relatif lebih panjang dibandingkan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan. Dengan kata lain, mesin masih lebih banyak digunakan untuk proses produksi dibandingkan berhenti karena proses perbaikan.

Meskipun demikian, grafik juga memperlihatkan adanya fluktuasi nilai *MTBF* dan *MTTR* pada setiap kejadian kerusakan. Fluktuasi tersebut menunjukkan bahwa keandalan mesin belum sepenuhnya stabil dan masih dipengaruhi oleh kondisi komponen, beban kerja mesin, serta efektivitas kegiatan perawatan. Komponen heater dan bearing yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi menjadi faktor utama yang memengaruhi perubahan nilai *MTBF* dan *MTTR*.

Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat disimpulkan bahwa penerapan *preventive maintenance* perlu dilakukan secara lebih terjadwal, terutama pada komponen-komponen kritis. Kegiatan seperti inspeksi rutin, pelumasan bearing, pemeriksaan sistem pemanas, serta penggantian komponen sebelum mencapai umur pakainya diharapkan mampu meningkatkan nilai *MTBF* sehingga interval antar kerusakan menjadi lebih panjang serta menurunkan nilai *MTTR* sehingga waktu perbaikan menjadi lebih singkat. Dengan demikian, *downtime* mesin dapat dikurangi dan produktivitas proses produksi di CV Multi Buana dapat meningkat sesuai dengan tujuan penelitian.



Gambar 4. 7 Perbaikan *heater* dan sensor

Pada Gambar 4.7 Perbaikan heater dan sensor dilakukan sebagai upaya mengembalikan kinerja mesin agar proses pemanasan dapat berlangsung secara optimal. Tahapan perbaikan dimulai dengan pemeriksaan kondisi fisik *heater* untuk memastikan tidak terdapat kerusakan pada elemen pemanas maupun sambungan kabel. Selanjutnya dilakukan pengecekan sensor temperatur guna memastikan sensor mampu mendeteksi suhu secara akurat dan mengirimkan sinyal yang benar ke sistem kontrol. Apabila ditemukan komponen yang rusak atau mengalami penurunan performa, dilakukan penggantian atau penyetelan ulang sesuai spesifikasi mesin. Setelah proses perbaikan selesai, dilakukan pengujian untuk memastikan heater mampu menghasilkan suhu yang stabil dan sensor dapat membaca temperatur dengan baik sehingga proses produksi dapat berjalan secara normal.



Gambar 4. 8 Perbaikan *die head*

Pada Gambar 4.8 ditunjukkan proses perbaikan *die head*, yaitu komponen yang berfungsi sebagai pembentuk dan pengarah keluaran material pada mesin ekstrusi. Perbaikan dilakukan dengan membongkar die head, membersihkan sisa material yang menempel, serta memeriksa kondisi permukaan dan komponen pengikat. Selain itu dilakukan penyetelan kembali agar posisi *die head* tetap presisi dan tidak mengalami kebocoran selama proses produksi. Jika ditemukan keausan atau kerusakan pada bagian tertentu, maka dilakukan penggantian komponen sesuai standar pabrikan. Setelah seluruh proses selesai, dilakukan pemasangan kembali dan pengujian untuk memastikan aliran

material keluar secara merata, kualitas produk tetap terjaga, serta mesin dapat beroperasi dengan aman dan efisien.

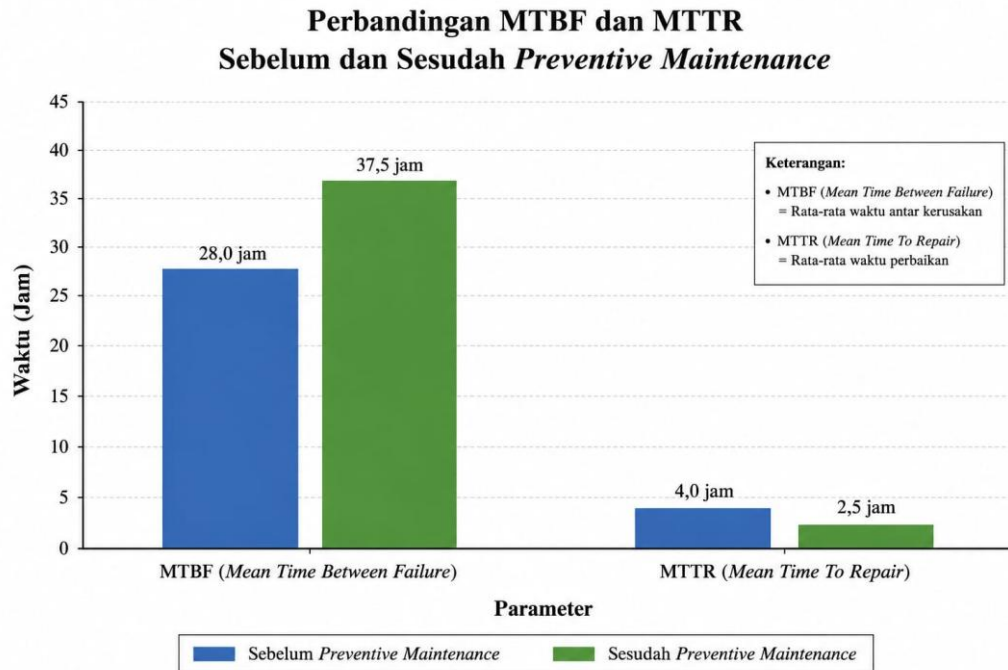


Gambar 4. 9 Perbaikan *bearing*

Pada Gambar 4.9 Proses perbaikan diawali dengan pembongkaran komponen yang terhubung dengan poros menggunakan peralatan yang sesuai agar tidak merusak bagian lain. Selanjutnya bearing lama dilepas, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap kondisi poros, rumah bearing (*bearing housing*), serta kebersihan area pemasangan. Apabila ditemukan kerusakan atau keausan pada bearing, maka dilakukan penggantian dengan bearing baru yang memiliki spesifikasi sesuai standar mesin. Setelah pemasangan selesai, bearing diberi pelumas sesuai rekomendasi pabrikan untuk mengurangi gesekan dan memperpanjang umur pakai komponen.

4.6 Perbandingan Sebelum dan Sesudah *Preventif Maintenance*

Grafik perbandingan sebelum dan sesudah dilakukannya penerapan *preventif maintenance* dapat kita lihat pada Gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4. 10 Perbandingan Sebelum dan Sesudah *Preventif Maintenance*

Berdasarkan Gambar 4.10 grafik perbandingan *MTBF (Mean Time Between Failure)* dan *MTTR (Mean Time To Repair)* sebelum dan sesudah dilakukannya *preventive maintenance*, terlihat adanya peningkatan keandalan mesin setelah program *preventive maintenance* diterapkan. Nilai *MTBF* mengalami peningkatan dari 28,0 jam menjadi 37,5 jam, yang menunjukkan bahwa rata-rata waktu operasi mesin sebelum mengalami kerusakan menjadi lebih lama. Peningkatan nilai *MTBF* ini mengindikasikan bahwa frekuensi kerusakan mesin berhasil dikurangi sehingga tingkat keandalan mesin menjadi lebih baik. Nilai *MTTR* mengalami penurunan dari 4,0 jam menjadi 2,5 jam. Penurunan tersebut menunjukkan bahwa rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan menjadi lebih singkat. Hal ini dapat terjadi karena kondisi komponen mesin lebih terjaga, kerusakan yang terjadi tidak terlalu berat, serta proses perbaikan menjadi lebih mudah dan efisien akibat dilakukannya perawatan secara berkala.

Hasil perbandingan tersebut menunjukkan bahwa penerapan *preventive maintenance* memberikan dampak positif terhadap kinerja mesin. Peningkatan nilai *MTBF* yang disertai dengan penurunan nilai *MTTR* membuktikan bahwa mesin memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi, waktu henti (*downtime*) dapat ditekan, dan produktivitas

mesin meningkat. Dengan demikian, pelaksanaan *preventive maintenance* secara rutin merupakan strategi yang efektif untuk menjaga kontinuitas proses produksi serta mengurangi biaya akibat kerusakan mesin yang tidak terencana. Berkurangnya waktu perbaikan memungkinkan mesin beroperasi lebih lama sesuai dengan jadwal produksi. Setelah dilakukannya *preventif maintenance*, target produksi dapat dicapai dengan lebih konsisten, proses produksi berjalan lebih lancar, serta risiko keterlambatan pengiriman produk dapat diminimalkan. Selain itu, kualitas hasil produksi juga cenderung lebih stabil karena kondisi mesin tetap terjaga selama proses operasi yang .

Dari sisi efisiensi, penerapan *preventive maintenance* juga mampu mengurangi kerugian akibat penghentian produksi secara mendadak, menghemat biaya perbaikan darurat (*corrective maintenance*), serta memperpanjang umur pakai komponen mesin. Dengan demikian, produktivitas mesin meningkat seiring dengan meningkatnya keandalan peralatan dan menurunnya waktu perbaikan.

Kesimpulannya, hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan *preventive maintenance* berhasil meningkatkan performa mesin, yang ditandai dengan meningkatnya nilai *MTBF*, menurunnya nilai *MTTR*, berkurangnya *downtime*, dan meningkatnya efektivitas serta kontinuitas hasil produksi. Hal ini membuktikan bahwa *preventive maintenance* merupakan strategi pemeliharaan yang efektif dalam mendukung kelancaran proses produksi di perusahaan yang sebelum dilakukannya *maintenance* hanya menghasilkan sekitar 40-45 rol dan setelah dilakukannya *maintenance* mampu menghasilkan sekitar 48-50 rol.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai penerapan *preventive maintenance* menggunakan metode *Mean Time Between Failure (MTBF)* dan *Mean Time To Repair (MTTR)* pada mesin *PS Foam Sheet Roll Extruder* di CV Multi Buana, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Selama periode penelitian (25 hari kerja atau 300 jam operasi) terjadi 8 kali kerusakan, dengan heater sebagai komponen yang paling sering mengalami kerusakan sebanyak 3 kali (37,5%), sehingga menjadi prioritas dalam pelaksanaan *preventive maintenance*.
2. Hasil perhitungan menunjukkan nilai *MTBF* sebesar 37,5 jam dan *MTTR* sebesar 2,5 jam. Nilai tersebut menunjukkan bahwa mesin memiliki tingkat keandalan yang cukup baik dengan waktu perbaikan yang relatif singkat. Penerapan *preventive maintenance* terbukti meningkatkan keandalan mesin, mengurangi frekuensi kerusakan dan *downtime*, serta mendukung kelancaran dan efektivitas proses produksi.

5.1 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Perusahaan disarankan menerapkan *preventive maintenance* secara konsisten dan terjadwal, terutama pada komponen heater dan bearing yang memiliki frekuensi kerusakan tertinggi.
2. Pemeriksaan berkala, pelumasan, serta penggantian komponen sesuai umur pakai harus dilaksanakan untuk mengurangi *downtime* dan meningkatkan keandalan mesin.
3. Pencatatan riwayat kerusakan dan kegiatan pemeliharaan harus dilakukan secara sistematis sebagai dasar evaluasi serta penyusunan jadwal *maintenance* berikutnya.
4. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan metode analisis keandalan lain, seperti *Reliability Centered Maintenance (RCM)* atau *Failure Mode and*

Effects Analysis (FMEA), agar strategi pemeliharaan yang dihasilkan lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Asmoro Anjas Dwi, N., & Wideasih, W. (2022). *ANALISIS KEANDALAN MESIN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PADA MESIN EXTRUDER DI PT. RAPINDO PLASTAMA*. 04, 11–21.
- Bai, T., Dong, B., Xiao, M., Liu, H., Wang, N., & Wang, Y. (2018). *Polystyrene Foam with High Cell Density and Small Cell Size by Compression-Injection Molding and Core Back Foaming Technique : Evolution of Cells in Cavity* (Vol. 1800110). <https://doi.org/10.1002/mame.201800110>
- Chung, C., Hwang, S., & Chen, S. (2021). Effects of Injection Molding Process Parameters on the Chemical Foaming Behavior of Polypropylene and Polystyrene. *MDPI*, 1–17.
- Dekuma. (2024). *Difference Between Single-Screw and Twin-Screw Extruders*. Dekuma.
- EPSOLE. (2019). *Eps polystyrene shape moulding machine*. <https://www.epsmachinerychina.com>.
<https://www.epsmachinerychina.com/eps-polystyrene-shape-moulding-machine/>
- Faiz Bahrul Agi, M. (2024). *ANALISIS PRODUKTIVITAS MESIN KNITTING DENGAN PENDEKATAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DAN MAINTENANCE VALUE STREAM MAPPING (MVSM) (STUDI KASUS PT. MULIA KNITTING FACTORY)*. <https://lib.mercubuana.ac.id>
- Fatma, N. F., Ponda, H., & Kuswara, R. A. (2020). *ANALISIS PREVENTIVE MAINTENANCE DENGAN METODE MENGHITUNG MEAN TIME BETWEEN FAILURE (MTBF) DAN MEAN TIME TO REPAIR (MTTR) (STUDI KASUS PT. GAJAH TUNGGAL TBK)*. Vol. 17
- Jiang, J., Wang, L., Tian, F., Li, Y., & Zhai, W. (2023). *Polymer Bead Foams : A Review on Foam Preparation , Molding , and Interbead Bonding Mechanism*.
- Li, Z., & Wang, K. (2016). *Industry 4 . 0 – Potentials for Predictive Maintenance*. Iwama, 42–46.
- MTAPhotos. (2013). *Train Maintenance Techniques*. Accruent.
- Ramadhan, I., & Fitriani, R. (2024). *Optimalisasi Efektivitas Preventive Maintenance Berbasis Usage-Based Maintenance untuk Mengurangi Downtime di PT PQR Optimizing the Effectiveness of Preventive Maintenance Based on Usage-Based Maintenance to Reduce Downtime at PT PQR*. 7(2), 166–183.
- Yakarimilena, O. (2019). *PT . PERKEBUNAN NUSANTARA II KEBUN ARSO MENGGUNAKAN FAILURE MODES AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) DAN FISHBONE DIAGRAM*. Universitas Internasional Semen Indonesia.

Yanuardi, M. R. (2019). *MENGGUNAKAN METODE PREVENTIVE MAINTENANCE PADA MESIN FEEDING CRUSHER*. UNIVERSITAS PASUNDAN.

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul : Penerapan Preventive Maintenance Dengan metode
MTTR dan *MTBF* Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin Ps
 Foam Sheet Rolls *Extruder*

Nama : Ryszki Yunda Pratama

NPM : 2207230024

Dosen Pembimbing : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin /15-12-2025	- Penulisan harus ikuti panduan - Spasi tidak sesuai panduan	Of
2.	Selasa /27-01-2026	- Rumusan masalah dan tujuan tidak sejalan - Revisi judul penelitian	Of
3.	Kamis /26-02-2026	- Penambahan teori dan gambar - Revisi sub bab pada 3.4	Of
4.	Senin /09-03-2026	Acc Sempro	
5.	Rabu /08-07-2026	- Revisi pada gambar bab 4	Of
6.	Selasa /21-07-2026	- Revisi Abstrak - Lengkapi teori bab 2	Of
Acc Semhas			Of
Acc Sidang			Of

Lampiran 1. SK Pembimbing



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Pp/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#) [umsu.medan](#)

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2190/II.3AU/UMSU-07/F/2025

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik MESIN Pada Tanggal 30 Oktober 2025 dengan ini Menetapkan :

Nama : RYSZKI YUNDA PRATAMA
Npm : 2207230024
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir : PENERAPAN PREVENTIVE MAINTENANCE UNTUK MENINGKATKAN KINERJA MESIN PS FOAM SHEET ROLLS EXTRUDER DI CV MULTT BUANA .

Pembimbing : AFFANDI ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN.
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 08 Jumadil Awal 1447 H
30 Oktober 2025 M

Dekan

Ir. Ade Faisal, ST., M.Sc., Ph.D
NIDN: 0123097203



Lampiran 2. Daftar Evaluasi Seminar

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Ryszki Yunda Pratama
NPM : 2207230024
Judul Tugas Akhir : Penerapan Preventive Maintenance Dengan Metode MTTR Dan MTBF Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin PS Foam Sheet Rolls Extruder
Dosen Pembimbing - I : Affandi, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - II : Muhammad Yani, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
☒ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

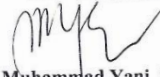
Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

Ukuran pada bagian draft skripsi, bagian yg direvisi.

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin


(.....)

Medan, 6 Agustus 2026
Dosen Pembimbing - II


Muhammad Yani, S.T., M.T.

Lampiran 3. Daftar Evaluasi Seminar

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Ryszki Yunda Pratama
NPM : 2207230024
Judul Tugas Akhir : Penerapan Preventive Maintenance Dengan Metode MTTR Dan MTBF Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin PS Foam Sheet Rolls Extruder
Dosen Pembimbing - I : Affandi, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - I : Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing - II : Muhammad Yani, S.T., M.T.

KEPUTUSAN / REKOMENDASI HASIL EVALUASI:

- ☐ 1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (colloquium)
☐ 2. Dapat mengikuti sidang sarjana (colloquium) setelah selesai melaksanakan perbaikan
☐ 3. Harus mengikuti seminar kembali

Catatan Perbaikan / Temuan Penguji :

Amela Ryszki Yunda Pratama
Affandi

Diketahui:
Ketua Prodi. Teknik Mesin

[Signature]
(.....)

Medan, 6 Agustus 2026
Dosen Pembimbing - I

[Signature]
Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T.

Lampiran 4. Daftar Hadir Seminar

DAFTAR HADIR SEMINAR TUGAS AKHIR JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK - UMSU TAHUN AKADEMIK 2025-2026

Nama : Ryszki Yunda Pratama
NPM : 2207230024
Judul Tugas Akhir : Penerapan Preventive Maintenance Dengan Metode MTTR Dan MTBF Untuk Meningkatkan Kinerja Mesin PS Foam Sheet Rolls Extruder

TANDA TANGAN TIM DOSEN PENGUJI:

Pembimbing - I : Affandi, S.T., M.T.

Pembanding - I : Dr. Khairul Umurani, S.T., M.T.

Pembanding - II : Muhammad Yani, S.T., M.T.

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	2207230100	M. DEYHAN FAHREZY	1.
2	2107230005	MHO ILHAM RAMADHAN	2.
3	2207230114	Alulya Pangluti	3.
4	2207230121	AMMU TAUFIK SIPAHUTAK	4.
5	2207230020	MHD HARIZO SHUPALI	5.
6			6.
7			7.
8			8.
9			9.
10			10.

Medan, 6 Agustus 2026
Ketua Prodi. Teknik Mesin

(.....)

Lampiran 5. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A. DATA PRIBADI

Nama : Ryszki Yunda Pratama
Jenis kelamin : Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir : Klumpang Kebun, 27 Januari 2004
Alamat : Dusun 20 tanjung sari kecamatan hamparan perak,
kabupaten deli serdang
Agama : Islam
Email : ryszkiyundapratama@gmail.com
No. HP : 082160672070

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD Harapan Bangsa 2010- 2016
2. SMPN 38 Medan 2016-2019
3. SMK TR Sinar Husni 2019- 2022