BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka merupakan langkah yang dilakukan dengan cara mengevaluasi penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penulisan Tugas Akhir. Langkah ini penting dalam sebuah penelitian dikarenakan dapat mencari acuan terkait penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut juga bisa menjadi referensi terkait dengan cara penyelesaiannya. Dalam melakukan peninjauan pustaka akan menggunakan *website e-resources* seperti Scopus, Pro Quest, EBSCO, Emerald, Google Scholar, dan Portal Garuda. Pencarian dilakukan dengan memasukan kata kunci *"Maintenance", "Scheduling",* dan juga "Keterlambatan Penyelesaian Order". Kegiatan tinjauan pustaka juga memfokuskan pencarian pada jurnal-jurnal yang diterbitkan dalam rentang 10 tahun kebelakang. Kemudian akan dilakukan seleksi atau *filtering* lebih lanjut dengan menggunakan *keyword* spesifik seperti *"workshop"* dan juga melalui pengecekan manual.

2.1.1 Penelitian Terkait Jadwal Produksi dan Maintenance dengan Memperhitungkan Kebutuhan dan Kapasitas Sumber Daya Manusia

Pada penelitian yang dilakukan oleh Bouzidi-Hassini, dkk (2015) tentang kendala sumber daya manusia terhadap penjadwalan *maintenance* dan produksi, ditemukan bahwa penyelesaian satu mesin (*one-machine resolution),* dapat meminimasi tingkat keterlambatan produksi secara global di seluruh *workshop* dibandingkan dengan penyelesaian banyak mesin (*multi-machine resolution).* Perbedaan kedua penyelesaian adalah *one-machine resolution* melakukan penjadwalan baru yang telah memperhitungkan kendala sumber daya manusia seperti kemampuan dan ketersediaan kepada satu mesin yang mengalami kerusakan. Sedangkan untuk *multi-machine resolution*, penjadwalan mesin-mesin yang berhubungan dengan mesin yang bermasalah juga akan berubah jika jadwal mesin bermasalah tersebut mengalami perubahan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan solusi pendekatan terbaik yang dapat mengintegrasikan jadwal produksi dan *maintenance* serta memperhitungkan kemampuan dan ketersediaan sumber daya manusia. Peneliti mendefinisikan kemampuan kedua penyelesaian dalam sebuah fungsi tujuan dan kemudian mensimulasikannya dengan menggunakan *software* ETOMA.

2.1.2. Penelitian Mengenai Penugasan dan Urutan *Preventive Maintenance* Mesin

Menurut Mirahmadi (2020), dalam perencanaan kegiatan operasional, *manufacturing shops* juga perlu mengatur penggunaan energi yang dibutuhkan demi meminimasi biaya energi *(energy cost)* dan juga untuk menjaga kepentingan lingkungan. Hal tersebut dapat dicapai dengan menjadwalkan kegiatan *maintenance* dan produksi secara bersamaan. Sehingga tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mencari tahu penugasan dan urutan mesin yang optimal, menentukan apakah kegiatan *preventive maintenance* perlu dilakukan pada mesin yang berurutan, dan mencari tahu berapa jumlah teknisi *maintenance* yang perlu dipekerjakan oleh *shop floor* untuk meminimasi total biaya. Penelitian dilakukan dengan membandingkan dua pendekatan berbeda, yaitu *Generic Algorithm* (GA) dan juga *Simulated Annealing* (SA). Kemudian peneliti melakukan pengujian terhadap model matematis dan juga algoritma solusi dari kedua pendekatan melalui *software* MATLAB R2015a. Hasil yang didapatkan adalah penjadwalan dengan menggunakan GA dapat menghasilkan situasi yang lebih baik dengan penjadwalan menggunakan SA.

2.1.3. Penelitian Mengenai Keterlambatan Produksi *Finned Tube*

Penelitian Mubarok dkk (2022) menganalisis tentang faktor-faktor yang menyebabkan keterlambatan produksi *finned tube* di PT Arezda Purnama Loka. Penelitian tersebut menggunakan metode analisis *fishbone diagram* dengan memperhitungkan faktor-faktor berupa *man* (manusia), *machine* (mesin), *material,* dan *method* (metode). Pada faktor *man* ditemukan bahwa akar permasalahannya adalah dikarenakan pekerja tidak menggunakan senter kepala lepas pada proses *knurling*. Selanjutnya pada faktor *machine* ditemukan akar permasalahan berupa kondisi mesin yang tidak terawat sehingga mengakibatkan kerusakan mesin yang mendadak, terhentinya kegiatan produksi, dan keterlambatan dalam penyediaan barang jadi dan pengiriman barang. Kemudian pada faktor *material* ditemukan bahwa akar permasalahannya berupa material yang sudah tua atau tidak layak pakai sehingga menghasilkan produk yang kurang bagus. Terakhir pada faktor *method* ditemukan bahwa akar permasalahannya berupa tidak ada prosedur *maintenance* yang tetap seperti jadwal perawatan dan pengecekan mesin.

2.1.4 Penelitian Mengenai Peningkatan Tingkat Keandalan Mesin untuk Mengurangi Biaya Pemeliharaan Mesin

Menurut Febriani dkk(2025) salah satu cara untuk mencegah tingginya tingkat *downtime* dalam suatu proses produksi adalah dengan menerapkan *preventive maintenance.* Keadaan PT XYZ yang sekarang masih menerapkan *corrective maintenance*

mengakibatkan tingkat keandalan komponen-komponen di mesin menjadi rendah. Sehingga penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan tingkat keandalan komponen-komponen tersebut dan juga mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan mesin. Metode yang digunakan oleh peneliti adalah dengan memperhitungkan *Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Setelah itu didapatkan 4 skenario berbeda dengan interval waktu *preventive maintenance* yang berbeda, dimana keempat skenario tersebut akan dibandingkan dari aspek *downtime,* keandalan, dan biaya. Hasil dari penelitian tersebut ditemukan bahwa dengan penerapan *preventive maintenance* terdapat perbaikan dari aspek *downtime,* keandalan, dan biaya perawatan dengan skenario terbaik adalah pada skenario 3.

2.1.5. Penelitian Terkait Pengaruh *Maintenance* Kepada Kelancaran Produksi

Penelitian Zahri dkk (2022) juga berfokus kepada pengaruh dari *maintenance* terhadap kelancaran produksi. Namun selain *maintenance*, penelitian ini juga menjadikan waktu siklus *(cycle time)* sebagai variabel dependen, dimana *maintenance* menjadi variabel X dan *cycle time* menjadi variabel X2. Penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian regresi linear berganda dengan populasi sebesar 3 tahun dan 36 sampel. Sedangkan teknik pengambilan data yang dilakukan berupa observasi, wawancara, dan dokumenter. Hasil dari penelitian pada PT Industri Pembungkus Internasional Medan tersebut menyatakan bahwa peningkatan *maintenance* berpengaruh positif dan signifikan terhadap kelancaran produksi. Penelitian tersebut juga menyatakan bahwa *cycle time* produksi juga terbukti memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap kelancaran produksi.

2.1.6. Penelitian Mengenai Faktor Keterlambatan Pengiriman Produk ke Konsumen

Penelitian yang dilakukan oleh Nelfiyanti dkk (2024) berfokus kepada analisis faktor keterlambatan pengiriman produk ke konsumen pada PT MRP. PT MRP merupakan perusahaan produksi manufaktur, dimana perusahaan tersebut menetapkan target *delivery* sebesar 80% namun pada aktualnya *delivery* hanya mencapai angka 70%. Metode yang digunakan oleh penulis untuk menganalisis faktor penyebab keterlambatan adalah dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Setelah metode FMEA selesai dilakukan, penulis melanjutkan pengolahan data dengan menggunakan diagram *fishbone* guna mempersempit faktor-faktor yang memungkinkan. Hasil dari penelitian tersebut adalah penulis menemukan 10 jenis penyebab keterlambatan pengirim. Jenis-jenis tersebut antara lain adalah kurangnya kontrol setiap operator, mesin yang mengalami perbaikan, SOP antar bagian yang lemah, kurangnya

persiapan pada awal proyek, keterlambatan material dan *tools dating*, seringnya terjadinya *repair* setelah selesai produksi, alat bantu masih minim, metode *scheduling* masih belum kompleks, dan kurangnya SDM di bagian PPIC.

2.1.7 Penelitian Terkait Aliran *Job Shop* Serta Penjadwalan untuk Mencegah Keterlambatan

Aris dkk (2016) melakukan penelitian tentang keterlambatan penyelesaian pesanan pada PT Sanggar Sarana Baja. Penelitian tersebut memiliki tujuan untuk mengidentifikasi aliran *job shop* dan permasalahan yang dihadapi dalam penjadwalan, serta dapat membuat penjadwalan dengan *sequencing* yang tepat guna mencegah terjadinya keterlambatan. Metode yang digunakan oleh penulis adalah dengan membuat diagram aliran dalam proses pembuatan order. Dengan adanya diagram aliran penulis dapat lebih mudah menemukan titik lemah dalam proses aktual. Setelah itu penulis juga membuat *Gantt Chart* untuk membandingkan *waiting time, idle time,* dan juga utilitas mesin *Gantt Chart* tersebut membantu penulis untuk melakukan penjadwalan. Hasil dari penelitian tersebut adalah bahwa penjadwalan yang memperhatikan urutan pengerjaan dan waktu selesai pengerjaan dapat mencegah terjadinya keterlambatan.

2.1.8. Penelitian Terkait Perencanaan Periode *Preventive Maintenance*

Menurut penelitian Sakti dan Arief (2023), perencanaan periode *preventive maintenance* yang baik dapat memaksimalkan kinerja mesin dalam suatu perusahaan. Penelitian yang dilakukan pada PT Elang Jagad tersebut berfokus kepada analisis penjadwalan perawatan komponen mesin, dimana hal tersebut bertujuan untuk mengurangi jumlah cacat yang terjadi pada plat. Terdapat beragam metode yang digunakan penulis pada penelitian ini, yaitu diagram *fishbone*, peta kendali, dan diagram pareto. Hasil yang dapat disimpulkan dari penelitian tersebut adalah setelah penerapan *preventive maintenance* keandalan pada mesin mengalami peningkatan dan waktu proses perawatan serta biaya perawatan mengalami penurunan.

Tabel 2.1 Rekap Tinjauan Pustaka

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Bouzidi-Hassini dkk (2015)	Sebuah *workshop*	Mencari solusi pendekatan terbaik yang dapat mengintegrasikan jadwal produksi dan *maintenance* serta memperhitungkan kemampuan dan ketersediaan sumber daya manusia	Simulasi dengan *software* ETOMA	Penyelesaian satu mesin (*one-machine resolution),* dapat meminimasi tingkat keterlambatan produksi secara global di seluruh *workshop* dibandingkan dengan penyelesaian banyak mesin (*multi-machine resolution)*
2	Mirahmadi (2020)	Sebuah *manufacturing shops*	Mencari tahu penugasan dan urutan mesin yang optimal, menentukan apakah kegiatan *preventive maintenance* perlu dilakukan pada mesin yang berurutan, dan mencari tahu berapa jumlah teknisi *maintenance* yang perlu dipekerjakan oleh *shop floor* untuk meminimasi total biaya.	Simulasi dengan *software* MATLAB R2015a	Penjadwalan dengan menggunakan *Generic Algorithm* (GA) dapat menghasilkan situasi yang lebih baik dengan penjadwalan menggunakan *Simulated Annealing* (SA)

Tabel 2.1 Rekap Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Mubarok dkk (2022)	PT Arezda Purnama Loka	Mencari tahu akar masalah penyebab terjadinya keterlambatan produksi *finned tube*	Diagram *Fishbone*	*Man* = pekerja tidak menggunakan senter kepala lepas *Machine* = kondisi mesin yang tidak terawat *Material* = material yang sudah tua atau tidak layak *Method* = Tidak ada prosedur *maintenance* yang tetap
4	Febriani dkk (2025)	PT XYZ	Meningkatkan tingkat keandalan komponen-komponen mesin dan juga mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan mesin	*Mean Time To Failure* (MTTF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR)	Dengan penerapan *preventive maintenance* terdapat perbaikan dari aspek *downtime,* keandalan, dan biaya perawatan dengan skenario terbaik adalah pada skenario 3

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
5	Zahri dkk (2022)	PT Industri Pembungkus Internasional Medan	Analisis pengaruh *maintenance* dan *cycle time* terhadap kelancaran produksi	Regresi linear berganda dengan populasi sebesar 3 tahun dan 36 sampel	*Maintenance* dan *cycle time* berpengaruh positif dan signifikan terhadap kelancaran produksi
6	Nelfiyanti dkk (2024)	PT MRP.	Analisis faktor keterlambatan pengiriman produk ke konsumen	*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)	Kurangnya kontrol setiap operator, mesin yang mengalami perbaikan, SOP antar bagian yang lemah, kurangnya persiapan pada awal proyek, keterlambatan material dan *tools dating*, seringnya terjadinya *repair* setelah selesai produksi, alat bantu masih minim, metode *scheduling* masih belum kompleks, dan kurangnya SDM di bagian PPIC

Tabel 2.1 Tinjauan Pustaka (Lanjutan)

No.	Peneliti	Objek Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
7	Aris dkk (2016)	PT Sanggar Sarana Baja	Mengidentifikasi aliran *job shop* dan permasalahan yang dihadapi dalam penjadwalan, serta dapat membuat penjadwalan dengan *sequencing* yang tepat guna mencegah terjadinya keterlambatan	Diagram aliran dan *Gantt Chart*	penjadwalan yang memperhatikan urutan pengerjaan dan waktu selesai pengerjaan dapat mencegah terjadinya keterlambatan.
8	Sakti dan Arief (2023)	PT Elang Jagad	Mengurangi jumlah cacat yang terjadi pada plat	Diagram *fishbone*, peta kendali, dan diagram pareto	Setelah penerapan *preventive maintenance* keandalan pada mesin mengalami peningkatan dan waktu proses perawatan serta biaya perawatan mengalami penurunan.

2.2. Dasar Teori

Berikut merupakan teori-teori yang digunakan dalam penulisan sebagai panduan dalam melakukan penelitian.

2.2.1. *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

AHP merupakan sebuah metode yang digunakan untuk memeringkat beberapa alternatif keputusan dan memilih alternatif keputusan yang terbaik berdasarkan beberapa kriteria (Febryanto et al, 2022). Metode dalam penerapan AHP dapat dijelaskan secara rinci dan dapat diterapkan dalam berbagai macam disiplin ilmu, sehingga metode AHP diterima sebagai untuk menentukan bobot penilaian kesesuaian berbagai alternatif (Stofkova, 2022). AHP akan memberikan peringkat atau urutan prioritas terkait kriteria yang terpenting dan juga terhadap alternatif-alternatif solusi yang ada Menurut Lin et al (2020), terdapat 6 langkah untuk menerapkan metode AHP. Keenam langkah tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

a. Langkah 1: Mengubah masalah yang kompleks dan tidak terstruktur menjadi faktor-faktor komponennya
b. Langkah 2: Mengembangkan hierarki AHP
c. Langkah 3: Merancang matriks perbandingan berpasangan yang ditentukan dengan menerapkan penilaian
d. Langkah 4: Menetapkan skor pada penilaian subjektif dan menghitung bobot untuk setiap kriteria
e. Langkah 5: Mengulang proses penilaian untuk mendapatkan variabel terbaik
f. Langkah 6: Melakukan pengecekan konsistensi penilaian

Pengisian skor dalam penilaian subjektif mengikuti skala dari 1 sampai 9, dimana skor 1 menandakan bahwa perbandingan tersebut memiliki kepentingan yang sama dan skor 9 menandakan bahwa perbandingan sangat berpihak ke satu pihak. Tampilan skor skala perbandingan menurut Saaty (2012) dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Skor Skala Perbandingan AHP (Saaty, 2012)

Intensity of importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to the objective
2	Weak	
3	Moderate importance	Experience and judgment slightly favor one activity over another
4	Moderate plus	
5	Strong importance	Experience and judgment strongly favor one activity over another
6	Strong plus	
7	Very strong or demonstrated importance	An activity is favored very strongly over another; its dominance demonstrated in practice
8	Very, very strong	
9	Extreme importance	The evidence favoring one activity over another is of the highest possible order of affirmation
Reciprocals of above	If activity *i* has one of the above nonzero numbers assigned to it when compared with activity *j*, then *j* has the reciprocal value when compared with *i*	A reasonable assumption
Rationals	Ratios arising from the scale	If consistency were to be forced by obtaining *n* numerical values to span the matrix

Kemudian untuk menghitung konsistensi penilaian, Satty (2012) mengawalinya dengan melakukan perhitungan *consistency index* (CI) terlebih dahulu. Persamaan untuk menghitung CI dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$CI = \frac{\lambda \max - n}{n-1} \tag{2.1}$$

Keterangan:

λ max: *Principal eigenvalue*

n: Jumlah elemen

Kemudian untuk mencari *consistency ratio* (CR), Satty (2012) menggunakan persamaan 2.3 sebagai berikut.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2.2}$$

Keterangan:

CI = *Consistency Index*

RI = *Random Consistency Index*

Nilai RI sendiri dapat ditentukan berdasarkan jumlah elemen yang digunakan (n). Perbandingan antara nilai n dan RI dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.3 Perbandingan Nilai n dan RI (Saaty, 2012)

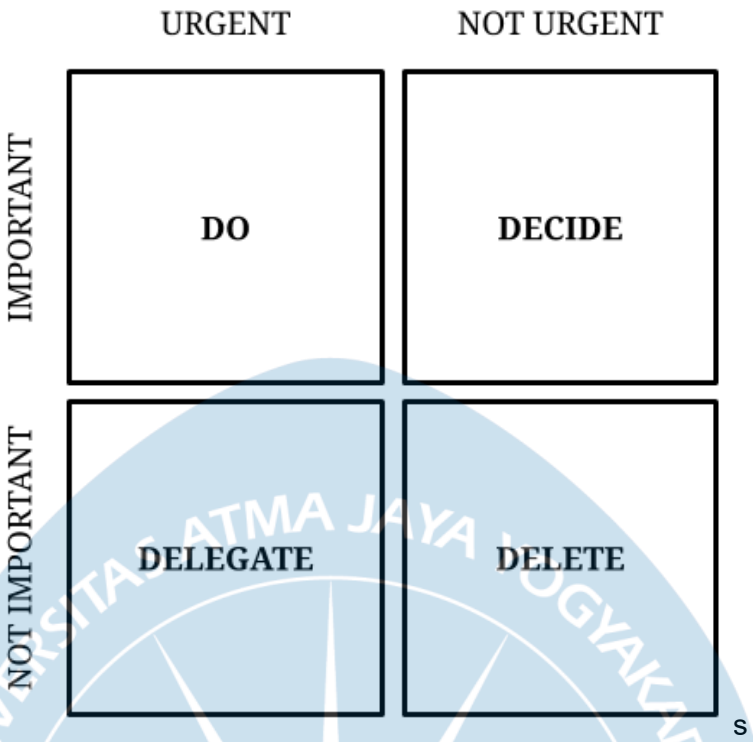
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Random consistency index (R.I.)	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

2.2.2. Diagram Interelasi

Diagram interelasi merupakan sebuah *tools* yang dapat digunakan untuk memetakan hubungan rasional antar faktor-faktor relevan dalam sebuah gagasan inti, permasalahan, atau situasi multivariabel yang rumit (Al-Thnayan et al, 2021). Dikarenakan kegunaannya yang bersifat general, diagram interelasi dapat digunakan dalam berbagai macam bidang keilmuan. Menurut Mizuno (1988), diagram interelasi memiliki konteks penggunaan yang luas, dimana dapat digunakan untuk menentukan dan mengembangkan *quality assurance,* merombak administrasi dan departemen, meningkatkan kualitas di proses manufaktur, dan sebagainya.

2.2.3. Matriks Eisenhower

Matriks Eisenhower merupakan *tools* untuk memprioritaskan tugas yang dipopulerkan oleh Dwight D. Eisenhower (Callula, 2024). Matriks Eisenhower terdiri dari 4 kuadran, yaitu Q1, Q2, Q3, dan Q4. Q1 pada Matriks Eisenhower menunjukkan *task* yang dianggap penting dan mendesak, sehingga memiliki perintah *Do* atau lakukan. Q2 pada Matriks Eisenhower menunjukan *task* yang dianggap penting tapi tidak mendesak, sehingga memiliki perintah *Plan* atau rencanakan. Q3 pada Matriks Eisenhower menunjukan *task* yang dianggap tidak penting tapi mendesak, sehingga memiliki perintah *Delegate* atau delegasikan. Q4 pada Matriks Eisenhower menunjukan *task* yang dianggap tidak penting dan tidak mendesak, sehingga memiliki perintah *Delete* atau hapus. Berdasarkan pembagian tersebut, Matriks Eisenhower dapat membantu untuk menentukan dan memprioritaskan *tasks* berdasarkan kepentingan dan kemendesakan sehingga dapat menentukan parameter mana yang harus diperhatikan dan parameter mana yang dapat dihiraukan (Adistyarini, 2024). Gambar 2.4. menunjukan contoh Matriks Eisenhower.



Gambar 2.1 Contoh Matriks Eisenhower

(https://www.binar.co.id/blog/apa-itu-eisenhower-matrix)

2.2.6. *Preventive Maintenance*

Preventive maintenance merupakan pendekatan proaktif dalam yang menargetkan untuk mencegah *downtime* yang terjadi secara mendadak (Alfionita & Alifin, 2023). Hal ini berbeda dibandingkan dengan *corrective maintenance* yang dilakukan ketika terjadi kerusakan mesin. Sehingga kegiatan *corrective maintenance* akan menambah *downtime* untuk memperbaiki mesin yang rusak. Kegiatan *preventive maintenance* dilakukan agar mesin sudah dilakukan perawatan sebelum kerusakan terjadi, sehingga bisa menurunkan downtime.

Menurut Levitt (2011), arahan utama dari kegiatan *preventive maintenance* disini adalah untuk meningkatkan keandalan atau reliabilitas dari suatu peralatan. Keandalan dari peralatan-peralatan juga perlu disesuaikan dengan kebutuhan dari sektor industri masing-masing. Sehingga kegiatan *preventive maintenance* juga perlu mempertimbangkan kegunaan dan kebutuhan dari peralatan-peralatan yang akan dirawat. Kegiatan *preventive maintenance* dilakukan secara regular, tanpa mempertimbangkan apakah performa atau fungsionalitas menurun atau tidak (Rausan & Hoyland, 2004). Rausan & Hoyland (2004) juga berpendapat bahwa kegiatan *preventive maintenance* bisa meliputi aktivitas-aktivitas seperti inspeksi, penyesuaian,

lubrikasi, penggantian *parts,* kalibrasi, dan perbaikan benda-benda yang sudah mulai *wear out*. Aktivitas-aktivitas tersebut dilakukan agar reliabilitas peralatan tetap terjaga dan bisa mengurangi *downtime.*

Dalam kegiatan *preventive maintenance*, terdapat beberapa kegiatan yang termasuk didalamnya. Kegiatan-kegiatan tersebut meliputi penjadwalan, pelaksanaan, dan peningkatan/modifikasi (Suryadi dkk, 2023). Ketiga kegiatan tersebut menjadi inti dari *preventive maintenance.* Penjadwalan sendiri merupakan kegiatan dimana pekerja menentukan kapan *preventive maintenance* akan dilakukan. Kegiatan pelaksanaan merupakan kegiatan dimana *preventive maintenance* tersebu dieksekusi berdasarkan jadwal yang telah dibuat. Sedangkan peningkatan/modifikasi adalah perbaikan terhadap kegiatan atau metode *preventive maintenance* dan juga kondisi mesin setelah pelaksanaan *preventive maintenance* berulang. Oleh sebab itu, *preventive maintenance* harus dilakukan secara teratur. Sehingga kegiatan *preventive maintenance* dilakukan dalam sebuah interval waktu yang ditentukan (Pohan dkk, 2023). Umumnya interval berupa harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.

Preventive maintenance sendiri terdapat beberapa jenis-jenisnya. Jenis-jenis tersebut antara lain adalah *condition-based maintenance* (CBM)*, periodic maintenance, Reliability-centered Maintenance* (RCM)*,* dan *usage-based maintenance* (UBM). CBM sendiri merupakan kegiatan *maintenance* yang dilakukan ketika ada *trigger* dari mesin yang memenuhi suatu kondisi. Kondisi tersebut berasal dari kondisi *part* atau bagian mesin yang tidak sesuai parameter atau sudah melewati batas tertentu. Tujuan dari CBM adalah untuk merawat sistem atau komponen pada waktu yang tepat berdasarkan status keadaan aktual dari sistem atau komponen tersebut (Cai dkk, 2023). *Periodic maintenance* sering juga disebut sebagai *time-based maintenance* (TBM) karena dilakukan berdasarkan perkiraan waktu kerusakan komponen. *Periodic maintenance* dapat mengurangi kerusakan peralatan, mengurangi tingkat kegagalan, dan meningkatkan efisiensi peralatan, sehingga eksekusi *periodic maintenance* yang sesuai dengan kondisi peralatan merupakan langkah yang sangat penting (Ding dkk, 2024). RCM merupakan *maintenance* yang bertujuan untuk memastikan bahwa aset fisik dapat terus melakukan apa yang diminta *user* dalam konteks operasional sekarang (Ajenifuja, 2024). Keuntungan utama dari prediksi reliabilitas adalah dapat mengulang penilaian untuk waktu perbaikan yang berbeda, pengaturan pengulangan pada konfigurasi desain yang berbeda, dan nilai tingkat kegagalan komponen yang berbeda (Smith, 2011). UBM merupakan jenis strategi *maintenance* yang menjadwalkan pemeliharaan berdasarkan tingkat penggunaan aktual dari sistem atau komponen, seperti jumlah jam operasi, siklus kerja, atau jarak tempuh (Ramadhan & Fitriani, 2024). Strategi ini mengasumsikan

semakin tinggi jam operasi, siklus kerja, dan jarak temput maka sistem dan komponen akan mengalami penurunan performa, sehingga akan dilakukan perawatan pada batas yang telah ditentukan untuk tetap menjaga performa sistem atau komponen.

2.2.5. *System Development Life Cycle* (SDLC)

Model SDLC dapat digunakan sebagai sebuah pendekatan sistematis untuk dapat mengimplementasi atau memodifikasi sebuah sistem (Anisa et al, 2024). Penggunaan metode atau model SDLC dilakukan dengan cara bertahap dalam beberapa siklus sehingga dapat mencapai kualitas terbaik dari sistem tersebut. Metodologi dari SDLC disusun secara cermat dengan memperhatikan struktur organisasi dan menjelaskan tahapan-tahapan penting dalam sebuah kerangka kerja yang sistematis dan jelas (Alazzawi et al, 2023). Tahapan-tahapan tersebut disusun guna membantu pembuat sistem untuk tetap berfokus kepada fungsi dan tujuan akhir dari sistem.

Secara garis besar, terdapat 5 tahapan dalam penerapan SDLC. Menurut Turban dkk (2021) tahapan tersebut antara lain adalah *Systems Planning, Systems Analysis, Systems Design, Implementation and Testing,* dan *Support and Maintenance*. Tahapan *Systems Planning* diawali dari tahapan permintaan pembuatan sistem, dimana didalamnya terdapat deskripsi dari masalah atau perubahan yang diinginkan. Tujuan dari tahapan ini adalah untuk melakukan penelurusana awal dan mencari apakah permintaan tersebut dapat dilakukan, baik dari segi teknis, ekonomis, legalitas, dan perilaku. *Systems Analysis* adalah tahapan yang bertujuan untuk menganalisa dan memahami permasalahan yang ditemui pada tahapan *Systems Planning* dengan mengumpulkan persyaratan dari *user.* Dalam tahapan ini model proses akan disusun untuk membentuk desain logika dari sistem tersebut dan melakukan pencarian terkait alternatif lain. Tahapan ini dapat menghasilkan proposal terkait sistem. *Systems Design* merupakan tahapan dimana sistem mulai dikembangkan dari segi *user interface* dan menentukan persyaratan data yang digunakan. Tahapan ini juga akan memulai mengembangkan desain fisik dari sistem dengan menentukan *hardware* dan *software* yang dibutuhkan. *Implementation and Testing* merupakan tahapan ketika pembuatan dan penerapan sistem dilakukan. Pada tahapan ini sistem akan diinstalasi dan diuji secara langsung. Terdapat 4 metode dalam menginstalasi sistem baru. Keempat metode tersebut antara lain adalah sebagai berikut.

a. *Plunge:* Metode dimana sistem lama akan dihentikan secara langsung dan sistem baru diaktifkan di waktu yang telah ditentukan. Metode ini merupakan metode termurah namun juga merupakan metode yang paling beresiko.
b. *Parallel:* Metode dimana sistem lama dan sistem baru dijalankan secara bersamaan dalam jangka waktu tertentu. Dalam jangka waktu tersebut, sistem lama dan sistem

baru akan memproses data yang sama dalam waktu yang bersamaan, dimana kemudian *output* kedua sistem akan dibandingkan. Metode ini merupakan metode termahal namun memiliki tingkat risiko terendah.

c. *Pilot:* Metode dimana sistem baru akan diterapkan pada suatu lokasi atau dilakukan oleh sekumpulan orang tertentu untuk melakukan pengujian. Ketika sistem sudah bekerja sesuai dengan yang diinginkan, sistem baru akan diterapkan di seluruh organisasi.
d. *Phased:* Metode dimana penerapan sistem dilakukan secara bertahap melalui berbagai macam modul. Setiap modul akan dinilai kinerjanya dan ketika modul tersebut sudah bekerja dengan baik, modul baru akan diterapkan hingga seluruh sistem baru telah diinstalasi.

Support and Maintenance merupakan tahapan yang dilakukan ketika sudah diterapkan dan berjalan dengan stabil. Tahapan ini akan melakukan perawatan terkait kinerja sistem dan melakukan perbaikan terkait ketidaksesuaian didalam sistem.

2.2.6. *Mean Time Between Failure* (MTBF)

MTBF merupakan sebuah parameter yang mengukur rata-rata waktu antar kerusakan pada suatu mesin dan komponennya. MTBF merupakan suatu cara untuk mengukur *reliability* atau keandalan suatu komponen mesin yang dapat diperbaiki dan dikembalikan untuk digunakan (O'Connor & Kleyner, 2012). Dalam suatu periode dalam waktu hidup suatu komponen, MTBF didapatkan dengan menghitung rasio antara waktu antar kerusakan secara kumulatif dan jumlah kerusakan (Smith, 2011). Namun MTBF juga dapat dihitung dengan metode statistik dan metode *reliability.* Metode statistika dapat menghitung MTBF dengan cara mengintegralkan hasil perkalian antara probabilitas terjadinya kerusakan dalam suatu interval waktu dan interval waktu terjadinya kerusakan, sedangkan metode *reliability* akan mengintegralkan *reliability function* atau peluang komponen masih hidup dalam suatu interval waktu (Duer et al, 2023). Berikut adalah persamaan perhitungan MTBF menurut Duer dkk.

$$MTBF = \int_0^\infty t\, f(t)dt = \int_0^\infty R(t)dt = \frac{T}{r} \qquad (2.3)$$

Keterangan:

f(t): Probabilitas terjadinya kerusakan dalam suatu interval waktu

t: Interval waktu antar kerusakan

R(t): *Reliability function*

T: Waktu antar kerusakan secara kumulatif

r: Total jumlah kerusakan

Selain menjadi parameter *reliability* atau keandalan mesin, MTBF juga dapat digunakan dalam konteks lainnya. MTBF juga sering digunakan dalam konteks *maintenance* atau perawatan mesin, terlebih dalam konteks *preventive maintenance*. Menurut Laksono (2025), kegiatan menganalisis MTBF dapat membantu menerapkan jadwal untuk *preventive maintenance* dan *predictive maintenance* dengan mengoptimalkan tingkat penggunaan alat dan mengurangi biaya yang berkaitan dengan kerusakan.

2.2.7. *Data Flow Diagram*

Data Flow Diagram (DFD) adalah sebuah alat pemodelan visual yang menggunakan serangkaian notasi untuk menggambarkan pergerakan data dalam sebuah sistem (Fahmi & Sutaji, 2025). Melalui DFD, pengguna sistem dapat memahami cara kerja lebih baik dan juga dapat membantu *developer* sistem untuk menemukan hal-hal kurang dari sistem yang dibuat.

Dalam DFD, terdapat beberapa jenis komponen yang digunakan untuk membedakan fungsi antar komponen. Terdapat 4 jenis komponen pada DFD, yaitu proses *(process),* aliran data *(data flow),* penyimpanan data *(data store),* entitas eksternal *(external entity).* Komponen proses yang menggambarkan aktivitas oleh sistem untuk mengolah data. Aliran data merupakan komponen untuk menggambarkan bagaimana data berpindah antar komponen dalam sistem. Penyimpanan data adalah komponen untuk menyimpan data yang akan digunakan oleh komponen lainnya dalam sistem. Entitas eksternal merupakan komponen yang berupa pihak luar yang akan berinteraksi dengan sistem (Pane dkk, 2025).

DFD akan dibagi menjadi beberapa level-level yang lebih rendah, dimana semakin rendah level DFD akan memberikan detail yang lebih spesifik. Level DFD tertinggi (DFD level 0) sering kali juga disebut sebagai *context diagram* karena memberikan ringkasan terkait tinjauan sistem (Tuasamu dkk, 2023). Jumlah level dalam sebuah DFD menyesuaikan dengan kebutuhan sistem.

2.2.8. *Benefit-Cost Ratio*

Benefit-Cost Ratio (BRC) dapat digunakan untuk menghitung dampak ekonomis yang dihasilkan oleh sebuah investasi dengan membandingkan biaya pembangunan dan keuntungan yang didapatkan dari investasi tersebut (Wicaksono & Handayani, 2021). Penggunaan BRC dapat menentukan apakah sebuah proyek layak untuk dikerjakan atua tidak berdasarkan dampak ekonomisnya. Peran dari analisis BRC adalah untuk menyediakan informasi kepada para pembuat keputusan, yaitu pihak yang

mengestimasi atau mengevaluasi suatu proyek (Campbell & Brown, 2003). Sehingga BCR dapat digunakan sebelum memulai proyek untuk mengestimasi dampak ekonomis proyek atau sesudah proyek selesai untuk menilai dampak dari proyek untuk menentukan keberlanjutan proyek tersebut. Berikut adalah persamaan untuk menghitung BRC menurut Campbell & Brown dalam bentuk sederhananya.

$$BCR = \frac{PV(Benefits)}{PV(Costs)} \quad (2.4)$$

Dimana PV(*Benefits)* merupakan *Present Value* untuk *benefits* dan *PV (Costs)* = *Present Value* untuk *costs.* Selanjutnya berdasarkan nilai BCR yang didapatkan, bisa dilakukan estimasi atau evaluasi dari dampak ekonomis proyek tersebut. BRC > 1 menandakan bahwa proyek layak untuk dilanjutkan. BRC = 1 menandakan bahwa proyek pada titik *break even.* BRC > 1 menandakan bahwa proyek tidak layak untuk dilanjutkan.

2.3. Standar dan Kode Etik

Standar dan kode etik akan menjadi acuan dalam pembuatan solusi agar sesuai dengan yang disetujui dan lazim diterapkan dalam pembuatan solusi terpilih. Standar yang akan digunakan dalam pembuatan solusi ini berasal dari *International Organization for Standardization* (ISO) dan juga *European Committee for Standardization* (CEN). Berikut adalah standar-standar yang akan digunakan. Penyusunan standar akan dibedakan berdasarkan jumlah solusi yang akan diterapkan.

2.3.1. Standar Pembuatan Sistem Informasi

Berikut merupakan standar-standar yang dijadikan acuan dalam pembuatan solusi berupa sistem informasi.

a. Standar ISO/IEC 25002:2024 klausul 8 tentang Penggunaan Model Kualitas

Penggunaan klausul 8 dalam standar ini menjadi acuan dalam proses perancangan, desain, dan pemrograman sistem informasi. Poin pertama dalam klausul ini membahas terkait bagaimana untuk menentukan *stakeholders* dari sistem informasi yang akan dibuat. Kemudian poin kedua dalam klausul ini membahas terkait bagaimana proses menjaga kualitas dalam proses pembuatan sistem informasi.

b. Standar ISO/IEC 27001:2022 klausul 8 dan 9 tentang Operasi dan Evaluasi Performa

Penggunaan klausul 8 pada standar ini digunakan untuk menjadi acuan terkait risiko keamanan terkait informasi yang terdapat didalam sistem. Hal ini menjadi penting dikarenakan informasi-informasi yang disimpan dalam sistem bersifat sensitif. Klausul 9 menentukan bagaimana melakukan evaluasi terkait performa dari sistem informasi serta

apa saja yang ditinjau. Hal ini berguna dalam proses pembuatan sistem dikarenakan dapat membantu memperhatikan bagian-bagian penting dalam sistem.

2.3.2. Standar Pembuatan *Task List* dan *Part List*

Berikut merupakan standar-standar yang dijadikan acuan dalam pembuatan solusi berupa *task list* dan *part list.*

a. Standar ISO 14424:2016 Klausul 7 tentang Kualitas Data

Penggunaan klausul 7 pada standar ini digunakan untuk menjadi acuan terkait pengumpulan data terkait pembuatan *task list* dan *part list.* Poin pertama dalam klausul ini membahas tentang data-data yang harus diperhatikan. Kemudian poin kedua dalam klausul ini membahas terkait acuan dalam proses pengambilan data.

b. Standar BS EN 13306:2017 Klausul 7 dan 8 tentang Jenis *Maintenance* dan Aktivitas *Maintenance*

Pengunaan klausul 7 dalam standar ini digunakan untuk menjadi acuan terkait membedakan jenis-jenis *maintenance* yang ada. Hal ini penting dalam penerapan solusi dikarenakan dapat mengkategorikan jenis *maintenance* yang dibahas dalam *manual book* ataupun dalam *history* mesin. Penggunaan klausul 8 dalam standar ini digunakan untuk menjadi acuan terkait aktivitas-aktivitas apa saja yang terdapat dalam kegiatan *maintenance.* Hal ini penting dalam penerapan solusi dikarenakan dapat membantu menentukan aktivitas apa saja yang perlu ada didalam *task list.*

2.3.3. Standar dari *Manual Book*

Manual book juga digunakan sebagai standar dalam proyek ini. Khususnya pada bagian pembuatan *task* dan *part list.* Hal ini dikarenakan pada *manual book* mesin terdapat bagian yang spesifik menjelaskan terkait *task list* yang perlu dilakukan selama prosedur *maintenance*. Selain itu juga terdapat *part list* yang direkomendasikan untuk digunakan. Namun tidak semua *manual book* memperhitungkan penurunan kondisi mesin setelah penggunaan bertahun-tahun. *Manual book* juga tidak memperhitungkan riwayat-riwayat kerusakan mesin. Oleh sebab itu penggunaan *manual book* sebagai standar pembuatan *task* dan *part list* mesin harus disertai dengan mempertimbangkan *history maintenance* mesin