

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Mesin CNC Bubut EMCO *Turn* 242

Menurut standar ISO, mesin CNC adalah perangkat yang dikendalikan komputer yang menggunakan bahasa numerik, yang terdiri dari kode yang mewakili huruf, angka, dan simbol untuk informasi perintah (Saputra & Susilawati, 2018). Dibandingkan dengan peralatan mesin yang sebanding, mesin CNC lebih presisi, akurat, dan serbaguna karena sinkronisasi yang lebih baik antara komputer dan mekanik yang dimungkinkan oleh sistem operasi teknologi CNC (Hasibuan et al., 2019).

Salah satu instrumen yang sering digunakan dalam sektor industri manufaktur adalah mesin CNC. Mesin ini dilengkapi dengan sistem kontrol berbasis komputer yang dapat membaca bahasa pemrograman dengan kode-kode seperti G, M, T, A, dan lainnya dengan mengeksekusinya sesuai desain dan program yang telah dibuat. (Hidayat, 2023). Salah satu jenis mesin bubut CNC yang diproduksi oleh produsen peralatan manufaktur terkenal EMCO adalah mesin bubut CNC EMCO *Turn* 242. Mesin bubut CNC Emco *Turn* 242 adalah mesin bubut otomatis yang memiliki dua sumbu, yaitu sumbu X dan Z, dan dioperasikan dengan CNC (*Computer Numerical Control*).



Gambar 2.1 Mesin CNC Bubut EMCO *Turn* 24

2.1.2 Prinsip Kerja Mesin CNC Bubut

Prinsip kerja mesin CNC bubut melibatkan beberapa tahap meliputi persiapan, pemrograman, eksekusi pemotongan material, dan pengecekan kualitas. Berikut adalah rangkuman prinsip kerja mesin CNC bubut:

a. Persiapan

1. Penentuan Spesifikasi: Operator menentukan spesifikasi produk yang akan dibuat, termasuk dimensi, bentuk, dan bahan baku yang digunakan.
2. Pemilihan Alat Pemotong: Alat pemotong yang sesuai dipilih berdasarkan spesifikasi produk dan bahan baku yang akan diproses.
3. Penjepitan Benda Kerja: Benda kerja yang akan diproses dipasang di meja bubut dan dijepit dengan kuat agar tetap stabil selama proses pembubutan.

b. Pemrograman

1. Pembuatan Program: Operator membuat program CNC menggunakan bahasa pemrograman yang sesuai (biasanya G-code) untuk mengatur pergerakan alat pemotong sesuai dengan spesifikasi produk.
2. Simulasi dan Verifikasi: Program yang telah dibuat disimulasikan dan diverifikasi untuk memastikan bahwa pergerakan alat pemotong sesuai dengan yang diinginkan dan tidak ada konflik yang terjadi.

c. Eksekusi Pemotongan

1. Pengaturan Mesin: Operator mengatur mesin CNC bubut sesuai dengan program yang telah dibuat, termasuk pengaturan kecepatan pemotongan, aliran pendinginan, dan parameter lainnya.
2. Proses Pembubutan: Mesin CNC membaca program yang telah diprogram sebelumnya dan menggerakkan alat pemotong sesuai dengan instruksi dalam program tersebut. Pemotongan material dilakukan dengan presisi tinggi sesuai dengan spesifikasi produk yang diinginkan.
3. Pemantauan Proses: Operator memantau proses pemotongan untuk memastikan bahwa semua operasi berjalan dengan lancar dan tidak ada masalah yang muncul selama proses.

d. Pengecekan kualitas

1. Setelah proses pembubutan selesai, produk yang telah dibuat diperiksa untuk memastikan bahwa dimensi, bentuk, dan kualitas permukaannya sesuai dengan standar yang diinginkan.
2. Koreksi dan Penyesuaian: Jika diperlukan, produk yang telah dibuat dapat mengalami koreksi atau penyesuaian agar sesuai dengan spesifikasi diinginkan.
3. Prinsip kerja mesin CNC bubut didasarkan pada otomatisasi proses pembubutan dengan menggunakan kontrol numerik komputer untuk mengatur pergerakan alat pemotong sesuai dengan program yang telah diprogram sebelumnya. Hal ini memungkinkan pembuatan produk dengan tingkat presisi yang tinggi dan efisiensi yang maksimal.

2.1.3 Spesifikasi Mesin CNC Bubut EMCO *Turn* 242

Spesifikasi alat (EMCO MAIER Ges.m.b.H., 1990.):

- a. *Max. Turning diameter* 158 mm
- b. *Max. Turning length* 255 mm
- c. *Distance between centers* 282,55 mm
- d. *Speed range* 50 – 4000 rpm
- e. *Rapid feed* 12 m/min
- f. *No. Of tools* 8



Gambar 2.2 Spesifikasi Mesin CNC Bubut EMCO *Turn* 242

2.1.4 Bagian-Bagian Mesin CNC Bubut

Mesin bubut CNC memiliki beberapa bagian utama yang bekerja bersama untuk melakukan proses pembubutan dengan presisi. Berikut adalah beberapa bagian utama dari mesin bubut CNC:

a. Spindel

Bagian yang berputar dan membawa alat pemotong. Alat pemotong dipasang pada spindel untuk melakukan pemotongan benda kerja. Spindel memiliki kecepatan yang dapat diatur untuk mengakomodasi berbagai jenis bahan dan proses pemotongan.



Gambar 2.3 Spindel CNC Bubut

b. Benda kerja

Bahan yang akan dibentuk atau dipotong menggunakan mesin bubut CNC. Benda kerja dipasang pada meja bubut dan dijepit dengan kuat agar tetap stabil selama proses pembubutan.

c. Meja bubut

Bagian mesin yang mendukung benda kerja dan alat pemotong. Meja ini biasanya terbuat dari logam yang kokoh dan memiliki permukaan yang rata untuk mendukung benda kerja.

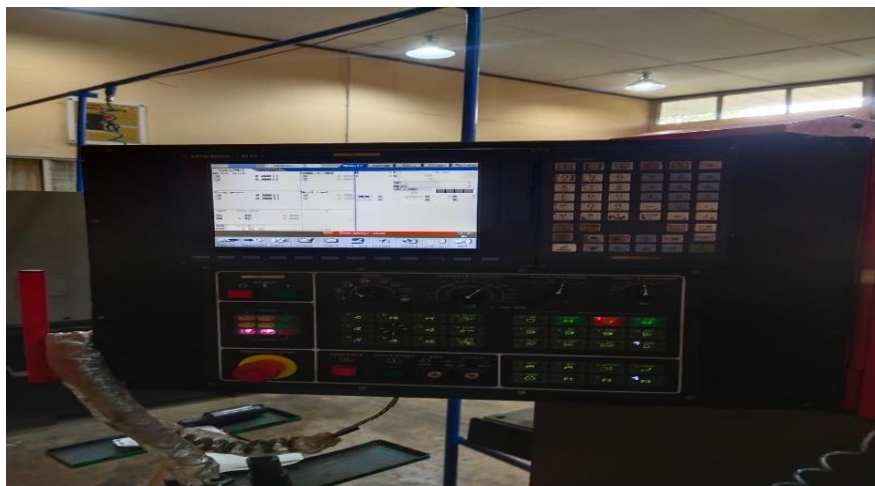
d. Sistem penggerak

Pada mesin bubut CNC menggerakkan spindel, meja bubut, dan alat pemotong sesuai dengan perintah dari program CNC. Sistem ini dapat terdiri dari

Motor *Servo* atau Motor *Steppe*, *Ball Screw*, Transmisi, Holder & Mata Pahat, Meja Bubut, Spindel, *Drive*, *Linear guide*, dan *Encoder*.

e. Sistem *control* (CNC)

Sistem *control* merupakan otak dari mesin bubut CNC. Sistem ini adalah bagian yang mengontrol semua gerakan dan operasi mesin sesuai dengan program yang telah diprogram sebelumnya. Sistem ini menerima instruksi dari operator dan mengubahnya menjadi gerakan mekanis. Bagian sistem ini terdiri Kabel dan Konektor, Monitor, Panel Kontrol dan Unit Kontrol.



Gambar 2.4 Monitor *Control* CNC Bubut EMCO Turn 242

f. Kepala potong

Bagian yang mengandung alat pemotong dan mengontrol pemotongan benda kerja. Alat pemotong yang dipasang pada kepala potong dapat berputar dan bergerak secara linier untuk melakukan proses pemotongan.

g. Sistem pendingin

Digunakan untuk mendinginkan alat pemotong dan benda kerja selama proses pemotongan. Ini membantu mencegah *overheat* dan memperpanjang umur alat pemotong serta meningkatkan kualitas pemotongan. Sistem ini terdiri dari Pompa, Tanki *Coolant*, Nozzle, Pipa dan Selang, dan Filter.

Setiap bagian mesin bubut CNC memiliki peran penting dalam menjalankan proses pembubutan dengan presisi tinggi dan efisiensi maksimal. Kerjasama di antara semua bagian ini memungkinkan mesin untuk menghasilkan komponen dengan toleransi yang ketat dan kualitas yang baik.

2.1.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA merupakan salah satu teknik untuk menilai risiko kegagalan suatu sistem. FMEA, sebagai teknik pendukung penilaian kinerja sistem, dapat memeriksa dan menganalisis komponen sistem yang berpotensi mengalami kegagalan untuk mengurangi risiko atau dampak dari tingkat kegagalan (Yaqin et al., 2020).

FMEA merupakan sebuah metode digunakan untuk mengevaluasi kegagalan terjadi dalam sebuah sistem, desain, proses, atau pelayanan (*service*). Identifikasi kegagalan potensial dilakukan dengan cara pemberian nilai masing-masing mode kegagalan berdasarkan atas tingkat kejadian (*occurrence*), tingkat keparahan (*severity*), dan tingkat deteksi (*detection*) sehingga didapatkan perhitungan RPN (*Risk Priority Number*) (Dwianda, 2021).

Untuk menghitung RPN maka dilakukan dengan cara (Nugraha & Sari, 2019):

$$RPN = S \times O \times D \quad 2.1$$

S : *Severity*

O : *Occurrence*

D : *Detection*

RPN : *Risk Priority Number*

Skala parameter S.O.D dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Skala Parameter *Severity*
(Priharanto et al., 2017) dalam (Yaqin et al., 2020)

Skala Parameter <i>Severity</i>		
Tingkat Bahaya	Kriteria	Tingkat
Sangat Berbahaya Sekali	Kerusakan komponen menyebabkan kecelakaan secara tiba-tiba dan membahayakan keselamatan kerja	10
Sangat Berbahaya	Kerusakan komponen menyebabkan kecelakaan kerja dan mesin tidak beroperasi namun ada peringatan/pendeteksian dini	9
Sangat Tinggi	Kerusakan komponen mengakibatkan mesin mati dan kehilangan fungsi utamanya	8

Tinggi	Kerusakan komponen mengakibatkan sistem mati namun mesin masih beroperasi	7
Moderat	Kerusakan komponen mengakibatkan kinerja sistem menurun drastis namun mesin masih dapat beroperasi	6
Rendah	Kerusakan komponen mengakibatkan kinerja sistem menurun secara bertahap dengan mesin masih dapat beroperasi	5
Sangat Rendah	Kerusakan komponen mengakibatkan pengaruh kecil pada kinerja sistem dengan mesin masih beroperasi sempurna	4
Kecil	Komponen mengalami kinerja menurun namun sistem bahan bakar dan mesin masih berjalan sempurna	3
Sangat Kecil	Komponen dipandang buruk namun kinerja komponen masih baik dan sistem serta mesin masih berjalan sempurna	2
Tidak Ada	Tidak ada pengaruh	1

Tabel 2.2 Skala Parameter *Occurance*
(Priharanto et al., 2017) dalam (Yaqin et al., 2020)

Skala Parameter <i>Occurance</i>		
Tingkat terjadi	Jumlah kejadian	Tingkat
Sangat Sering terjadi hingga kerusakan tidak bisa dihindari	Hampir setiap saat terjadi dalam waktu kurang dari 1-2 kali operasi	10
Sangat Sering terjadi	Sangat tinggi terjadi dalam waktu kurang dari 3-4 kali operasi	9
Sering terjadi (1)	Tinggi terjadi dalam waktu kurang dari 5-8 kali operasi	8
Sering terjadi (2)	Cukup tinggi dalam waktu kurang dari 9-20 kali operasi	7
Jarang terjadi (1)	Menengah terjadi dalam waktu kurang dari 21-80 kali operasi	6
Jarang terjadi (2)	Rendah terjadi dalam waktu kurang dari 81-400 kali operasi	5
Jarang terjadi (3)	Jarang terjadi dalam waktu kurang dari 401-2000 kali operasi	4
Sangat jarang terjadi (1)	Sangat jarang dalam waktu kurang dari 2001-15000 kali operasi	3

Sangat jarang terjadi (2)	Hampir tidak pernah dalam waktu lebih dari 15001 kali operasi	2
Tidak pernah terjadi	Tidak pernah terjadi	1

Cara menentukan *occurrence* dengan cara melihat parameter dari penelitian sebelumnya, jika di data tidak pas dengan yang akan diteliti, parameter FMEA bisa dibuat berdasarkan kebutuhan. Berikut merupakan parameter yang sudah dibuat sesuai dengan kebutuhan penelitian:

Tabel 2.3 Skala Parameter *Occurance* (diubah)

Skala Parameter <i>Occurance</i>		
Tingkat terjadi	Jumlah kejadian	Tingkat
Sangat Sering terjadi hingga kerusakan tidak bisa dihindari	Hampir setiap saat terjadi dalam waktu 1 kali operasi	10
Sangat Sering terjadi	Sangat tinggi terjadi dalam waktu kurang dari 2-1 kali operasi	9
Sering terjadi(1)	Tinggi terjadi dalam waktu 2 kali operasi	8
Sering terjadi(2)	Cukup tinggi terjadi dalam waktu kurang dari 3-2 kali operasi	7
Jarang terjadi(1)	Menengah terjadi dalam waktu 3 kali operasi	6
Jarang terjadi(2)	Rendah terjadi dalam waktu kurang dari 4-3 kali operasi	5
Jarang terjadi(3)	Jarang terjadi dalam waktu 4 kali operasi	4
Sangat jarang terjadi (1)	Sangat jarang dalam waktu kurang dari 5-4 kali operasi	3
Sangat jarang terjadi (2)	Hampir tidak pernah dalam waktu 5 kali operasi	2
Tidak pernah terjadi	Tidak pernah terjadi dalam keadaan mesin on	1

Tabel 2.4 Skala Parameter *Detection*
(Priharanto et al., 2017) dalam (Yaqin et al., 2020)

Skala Parameter <i>Detection</i>		
Deteksi	Kriteria	Tingkat

Mustahil untuk terdeteksi	Tidak akan terkontrol dan/atau terdeteksi adanya penyebab potensi kegagalan serta kerusakan selanjutnya	10
Sangat sulit untuk terdeteksi	Sangat sulit untuk mengontrol perubahan untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	9
Sulit untuk terdeteksi	Sulit untuk mengontrol perubahan untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	8
Untuk terdeteksi sangat rendah	Sangat rendah untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	7
Untuk terdeteksi rendah	Rendah untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	6
Untuk terdeteksi sedang	Hampir tidak mudah untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	5
Untuk terdeteksi menengah ke atas	Hampir mudah untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	4
Mudah untuk mendeteksi	Mudah terkontrol untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	3
Sangat mudah untuk terdeteksi	Sangat mudah terkontrol untuk mendeteksi penyebab potensi dan jenis kegagalan selanjutnya	2
Deteksi dapat dilakukan dengan mudah	Dapat diduga akan seringnya terjadi mengakibatkan deteksi pada potensi penyebab dan kejadian	1

a. Manfaat dari metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

1. Mengidentifikasi potensi kegagalan
2. Mengukur tingkat risiko
3. Mengurangi risiko kegagalan
4. Meningkatkan kualitas produk/sistem
5. Meningkatkan efisiensi dan produktivitas
6. Mendorong perbaikan berkelanjutan

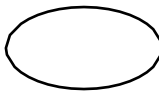
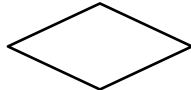
2.1.6 Fault Tree Analysis (FTA)

FTA adalah pendekatan *Top Down* untuk analisis kegagalan, yang berarti bahwa kegagalan diurutkan dari nilai tertinggi hingga terendah. Teknik *Top Down* untuk analisis kegagalan yang dikenal sebagai analisis pohon kesalahan (FTA) dimulai dengan kejadian besar yang mungkin terjadi atau kejadian yang tidak diinginkan yang dikenal sebagai kejadian tingkat atas dan kemudian mengidentifikasi semua faktor yang dapat menyebabkan kejadian atau kejadian tersebut terjadi. Mencari tahu bagaimana peristiwa tingkat atas (kemungkinan peristiwa besar) bisa terjadi, apa penyebabnya, dan siapa penyebabnya adalah bagaimana analisis dilakukan (Muhdor et al., 2023).

Fault Tree Analysis (FTA) adalah suatu teknik digunakan untuk mengidentifikasi resiko yang berperan terhadap terjadinya kegagalan. Metode ini dilakukan dengan pendekatan bersifat *Top Down*, diawali dengan asumsi kegagalan/kerugian dari kejadian puncak (*Top Event*) kemudian merinci sebab-sebab suatu *Top Event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*Root Cause*) (Suliantoro et al., 2017)

Berikut merupakan gambar diagram Lambang *symbol* FTA:

Tabel 2.5 *Symbol* FTA
(Krisnaningsih et al., 2021)

Simbol	Arti	Simbol	Arti
	<i>Basic Event</i> Dasar inisiasi kesalahan yang tidak membutuhkan pengembang yang lebih jauh		<i>External Event</i> Event yang diekspektasikan muncul
	<i>Conditioning Event</i> Kondisi <i>specify</i> yang dapat diterapkan ke berbagai gerbang logika		Gerbang AND Kesalahan muncul akibat semua input masalah yang terjadi bersamaan
	<i>Undevelopment Event</i> Event yang tidak dapat dikembangkan lagi karena informasi tidak tersedia		Gerbang OR Kesalahan muncul akibat salah satu input masalah yang terjadi

<i>Top Event</i> Kejadian yang tidak di kehendaki	
---	--

Manfaat dari metode *Fault Tree Analysis*

- a. Dapat menentukan faktor penyebab yang kemungkinan besar menimbulkan kegagalan.
- b. Menemukan tahapan kejadian yang kemungkinan besar sebagai penyebab kegagalan.
- c. Menganalisa kemungkinan sumber-sumber resiko sebelum kegagalan timbul.
- d. Menginvestigasi suatu kegagalan.

2.1.7 Perbaikan

- a. Pengertian dari Perbaikan

Dalam teknik mesin, perbaikan mengacu pada serangkaian operasi yang dilakukan untuk memelihara, memperbaiki, atau memulihkan kondisi mesin dan peralatan agar dapat terus beroperasi sebaik mungkin dalam kriteria yang ditentukan. Perbaikan sebagian besar dilakukan untuk menghindari kerusakan yang tidak terantisipasi, meningkatkan umur peralatan, meningkatkan ketergantungan, dan menghemat biaya operasi (Permana & Arvianto, 2020).

- b. Jenis-jenis Perbaikan

Perbaikan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa jenis, antara lain:

1. Perbaikan Korektif (*Corrective Maintenance*): Dilakukan setelah terjadi kerusakan atau kegagalan pada mesin. Tujuannya adalah untuk mengembalikan fungsi mesin seperti semula. Contoh: Mengganti komponen yang rusak, memperbaiki kebocoran, dll.
2. Perbaikan Preventif (*Preventive Maintenance*): Dilakukan secara terjadwal dan berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan. Tujuannya adalah untuk menjaga kondisi mesin tetap prima dan mengurangi risiko kegagalan. Contoh: Pembersihan, pelumasan, penggantian suku cadang yang sudah aus, dll.

3. Perbaikan Prediktif (*Predictive Maintenance*): Dilakukan berdasarkan prediksi kondisi mesin menggunakan teknologi pemantauan dan analisis data. Tujuannya adalah untuk mengoptimalkan jadwal perbaikan dan mencegah kerusakan yang tidak terduga.
- c. Manfaat Perbaikan
Manfaat utama dari Perbaikan adalah:
 1. Meningkatkan produktivitas.
 2. Meningkatkan keselamatan kerja.

2.2 Tinjauan Pustaka

Bagian ini menerangkan apa saja yang telah dicapai oleh penelitian sejenis, yang berasal dari jurnal ilmiah, makalah, laporan penelitian, maupun tesis:

Menurut Hernadi & Djunaidi (2022) dengan judul Analisis Faktor Kerusakan Mesin CNC Thermoforming T10 dan Mesin CNC Milling Fz 2000 Dengan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Kesimpulan: Faktor penyebab kerusakan mesin CNC-1 dikarenakan tidak dilakukan pergantian valve yang terjadwal, kurangnya pengawasan dan perawatan mesin yang dilakukan secara rutin. Faktor penyebab kerusakan pada mesin CNC-2 dikarenakan kesalahan setup mata bor sehingga mata bor terkena tekanan dan penggunaan mata bor berlebihan. Perhitungan Nilai RPN pada top event mesin CNC-1 jenis kegagalan valve pecah dengan derajat *severity* bernilai 7, derajat *occurrence* bernilai 2, dan derajat *detection* bernilai 4 didapatkan nilai RPN sebesar 56. Perhitungan Nilai RPN top event pada mesin CNC-2 jenis kegagalan mata bor aus dengan derajat *severity* bernilai 4, derajat *occurrence* bernilai 7, dan derajat *detection* bernilai 3 didapatkan nilai RPN sebesar 84. Usulan perbaikan yang seharusnya dapat dilakukan pada mesin CNC-1 yaitu melakukan penjadwalan penggantian pada *part* yang sering mengalami kerusakan secara teratur, memprioritaskan pekerjaan perbaikan mesin jika terjadi kerusakan yang terjadi, serta melakukan penyediaan suku cadang *part* krusial yang sering mengalami pergantian. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan pada mesin CNC-2 yaitu melakukan pergantian *part* mata bor secara teratur dan

terjadwal, serta menyediakan *part* pengganti dikarenakan tingkat *occurance* yang tinggi sehingga suku cadang harus tersedia, dan sebaiknya operator diberi pengarahan bagaimana melakukan setup yang baik dan menggunakan mesin dengan benar agar tidak cepat mengalami kerusakan.

Menurut Saputra & Susilawati (2018) dengan judul Analisis Kerusakan Mesin CNC Milling Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA) Dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Studi Kasus Mesin CNC Milling di Lab. Jurusan Teknik Mesin, Universitas Riau). Kesimpulan: Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Jenis-jenis kerusakan yang terjadi pada mesin CNC Milling TRIAC FANUC ATC adalah: Kebocoran *seal* pada silinder pneumatik pintu, penyebab kritis: kualitas udara dari kompresor tidak baik dengan nilai RPN 336. Kebocoran *seal Pneumatic Brauer* Unit ATC, penyebab kritis: kualitas udara dari kompresor tidak baik dengan nilai RPN 392. Kebocoran katup pneumatik, penyebab kritis: kualitas udara dari kompresor tidak baik dengan nilai RPN 448. Posisi eretan yang tidak akurat, penyebab kritis: kurangnya pelumasan pada *bearing* dengan nilai RPN 392. Upaya yang dilakukan untuk mengurangi kerusakan pada mesin CNC Milling antara lain tindakan perbaikan, tindakan perawatan, dan tindakan pencegahan pada mesin. Usulan perbaikan yang dilakukan adalah penggantian komponen yang mengalami kerusakan dan mengoptimalkan tindakan pencegahan dan perawatan pada mesin sesuai dengan instruksi dari *manual book*.

Menurut Muhdor et al (2023) dengan judul Analisa Pemeliharaan Mesin Bubut Dengan *Fault Tree Analysis* (Fta) Dan *Failure Mode and Effect Analysis* (Fmea) Di Cv. Maja Teknik Pandeglang. Kesimpulan: 1. Pada masing-masing mesin, pengaruh mode kerusakan *part* adalah sebagai berikut: Pada mesin bubut diketahui *pinion gear* tidak berfungsi dengan baik sehingga menyebabkan hasil bubut yang dibutuhkan; putaran *head* masih berat menyebabkan spindel berputar kurang optimal; posisi tiang pahat tidak benar, menyebabkan pengumpanan benda kerja yang buruk; gerakan *sledding* tidak optimal sehingga dan tidak stabil. 2. Bagian utama yang menyebabkan kerusakan pada setiap mesin adalah: *Fixed head*, *sled*, *loose head*, *toolpost*, dan *pinion gear* pada mesin bubut yang rusak adalah

komponen penting. 3. Dari hasil evaluasi ditemukan beberapa bagian mesin yang tidak termasuk dalam kategori perawatan preventif, antara lain: Pada mesin bubut ditemukan bagian-bagian yang termasuk dalam kategori perawatan preventif, seperti *pinion gear* dan *fixed head*, sedangkan yang termasuk kategori perawatan pencegahan tidak dicakup oleh kategori adalah tiang perkakas, kereta luncur, dan kepala lepas. 4. Hasil penentuan perawatan yang tepat untuk setiap mesin adalah sebagai berikut: Pada mesin bubut, kebijakan perawatan yang tepat adalah memasukkan 3 komponen tiang pahat, kereta luncur, dan kepala lepas dalam kategori operasi perawatan preventif dengan tujuan menurunkan penyebab kerusakan yang memang terjadi. 5. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa beberapa bagian mesin yang belum tergolong perawatan preventif, antara lain: Pada mesin bubut ditemukan komponen yang tergolong perawatan preventif, seperti *pinion gear* dan *fixed head*, sedangkan yang sudah yang tidak diklasifikasikan sebagai perawatan preventif adalah pos alat, kereta luncur, dan kepala lepas. 6. Hasil dari penentuan perawatan yang tepat untuk setiap mesin adalah sebagai berikut: Pada mesin bubut, kebijakan perawatan komponen (*tool post*, *sled*, dan *loose head*) ke dalam kategori operasi perawatan preventif dengan tujuan mengurangi penyebab kerusakan yang terjadi.

Menurut Nugraha & Sari (2019) dengan judul Analisis *Defect* dengan Metode *Fault Tree Analysis* dan *Failure Mode Effect Analysis*. Kesimpulan: 1) faktor terbesar terjadinya kecacatan produk adalah faktor *human error*; 2) potensi terjadinya kecacatan produk adalah potensi jahitan tidak rapi pada bagian kantong, potensi jahitan melebihi ukuran pada bagian samping, dan potensi jahitan tidak lurus pada bagian bahu; dan 3) solusi dari permasalahan tersebut adalah pembuatan *System Operating Procedure* baru yang lebih terintegritas agar tingkat terjadinya kecacatan dapat menurun dan membuat *form* pengecekan mesin secara berkala.

Menurut Yaqin et al (2020) dengan judul Pendekatan FMEA dalam Analisa Risiko Perawatan Sistem Bahan Bakar Mesin Induk: Studi Kasus di KM. Sidomulyo. Kesimpulan: Berdasarkan pembahasan di atas perawatan yang harus dilakukan pada komponen sistem bahan bakar mesin induk KM. Sidomulyo yaitu komponen injektor dan saringan bahan bakar. Komponen tersebut berturut-turut

memiliki nilai RPN sebesar 192 dan 168. Kedua komponen tersebut diprioritaskan karena melewati batas kritis dari RPN Sistem bahan bakar serta termasuk pada komponen yang harus diprioritaskan menurut diagram pareto. Tindakan perawatan pada komponen injektor yaitu pemeriksaan secara rutin sebelum beroperasi dan perawatan khusus dengan memperhatikan kemurnian bahan bakar yang masuk pada sistem bahan bakar mesin induk. Sedangkan tindakan perawatan komponen saringan bahan bakar yaitu pembersihan partikel padat yang secara rutin. Tindakan perawatan pada komponen yang kritis dapat mengurangi resiko kegagalan pada sistem bahan bakar mesin induk.

Menurut Nasrulloh et al (2023) dengan judul Identifikasi Kerusakan Mesin Cnc Milling *First Mcv-1100* Menggunakan Metode Fmea Dan Fta Di Satuan Pelayanan Bandung Uptd Industri Logam. Kesimpulan: Berdasarkan hasil identifikasi kerusakan dan permasalahan pada Mesin CNC Miling *First MCV-1100* di Satuan Pelayanan Bandung UPTD Industri Logam yaitu *Power Supply* yang mati disebabkan oleh pemadaman listrik secara tiba-tiba dan turunnya daya Listrik sehingga perlu dilakukan pergantian pembangkit listrik secara otomatis agar meminimalisir kerusakan mesin dan terganggunya proses pengerjaan manufaktur. Setelah dilakukan proses identifikasi kerusakan dengan metoda FMEA, maka nilai RPN tertinggi sebesar 360 yaitu pada kerusakan *power supply* yaitu. Proses selanjutnya adalah identifikasi FTA dan menghasilkan *basic event* dari nilai RPN tertinggi adalah pergantian komponen secara teratur, pemeliharaan listrik, pemasangan listrik tidak sesuai SNI dan umur pakai kabel. Setelah melakukan identifikasi secara keseluruhan dan diketahui hasilnya, maka kami memberikan usulan perbaikan yang seharusnya dapat dilakukan pada mesin CNC Milling *First MCV-1100* yaitu adalah melakukan pergantian komponen secara teratur, Perusahaan harus mempunyai alat cadangan pengganti pembangkit energi listrik, memberikan pemahaman, pelatihan perawatan yang lebih spesifik kepada bagian teknisi dan umumnya seluruh karyawan perusahaan terkait instalasi listrik.

Menurut Krisnaningsih et al (2021) dengan judul Usulan Perbaikan Kualitas Dengan Menggunakan Metode Fta Dan Fmea. Kesimpulan: Jenis cacat pada produk instan yang paling dominan adalah jenis cacat *papersak* pecah dengan persentase

cacat sebesar 80,96 % dari 3 jenis cacat yang terjadi. Penyebab terjadinya jenis cacat *papersak* pecah disebabkan oleh manusia adalah *packing* terlalu cepat/keras dan tertusuk garpu *forklift*, mesin adalah kurangnya perawatan mesin dan angin kompressor kurang/*trip*, metode adalah perencanaan kurang baik/*urgent* pengiriman, material adalah lapisan *paper* tipis dan lembab. Berdasarkan analisis menggunakan metode FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan dibantu alat 5W+1H adalah membeli barang dari *supplier* yang berkualitas terjamin mutu, melakukan pengecekan *papersak* sebelum produksi, jika lembab ganti produksi dan mengeringkan *papaersak* di bawah panas matahari atau dengan *sanddryer*.