

ANALISIS *DEFECT* PENYEBAB PEMBOROSAN *PART GEAR BOX* PADA PRODUKSI ALAT TANGKIS DENGAN MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA) DAN *FAULT TREE ANALYSIS* (FTA)

(STUDI KASUS: PT YOGYA PRESISI TEHNIKATAMA INDUSTRI (YPTI))

Dinda Marchella Dewi¹

¹*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

PT. YPTI berorientasi untuk mampu memberikan kualitas tinggi dan presisi guna memenuhi ekspektasi customer serta mempertahankan daya saing dalam industri global. Dalam pelaksanaan project Alat Tangkis, ditemukan beberapa masalah defect yang menyebabkan kerugian untuk perusahaan. Jumlah dari defect yang dihasilkan ini cukup merugikan perusahaan karena dapat menambah beban kerja, meningkatkan biaya operasional, serta memperpanjang waktu produksi yang berakibat keterlambatan pengiriman hasil produksi lain yang telah dijadwalkan. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya defect terbesar pada produksi Alat Tangkis yaitu pada part gear box. Dengan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis untuk mengidentifikasi kegagalan dan Fault Tree Analysis (FTA) untuk mencari akar permasalahan dari faktor kegagalan tertinggi. Hasil dari perhitungan Severity, Occurance, dan Detection didapatkan RPN tertinggi berada pada bearing yang tidak dapat terpasang sebesar 165,75 dengan beberapa indikator penyebabnya yang meliputi aspek man, method, machine, dan material. Berdasarkan aspek yang telah dikategorikan ditemukan bahwa penyebab defect tertinggi pada gear box antara lain karena operator baru dan belum terbiasa menggunakan mesin, target, human error, pengaturan kecepatan mesin yang tidak sesuai, kurangnya maintenance mesin dan kurangnya kebersihan mesin, serta material yang bersifat castingan.

Kata kunci: *defect; FMEA; FTA; waste*

Abstract

PT YPTI is oriented to be able to provide high quality and precision to meet customer expectations and maintain competitiveness in the global industry. In the implementation of the Agile Tool project, several defect problems were found which caused losses to the company. The number of defects produced is quite detrimental to the company because it can increase workload, increase operational costs, and extend production time which results in delays in the delivery of other scheduled production results. This study was conducted to analyze the factors that cause the largest defect in the production of Agile Tools, namely the gear box part. By using the Failure Mode and Effect Analysis method to identify failures and Fault Tree Analysis (FTA) to find the root cause of the highest failure factor. The results of the calculation of Severity, Occurance, and Detection obtained the highest RPN is on bearings that cannot be installed at 165,75 with several indicators of causes which include aspects of man, method, machine, and material. Based on the aspects that have been categorized, it is found that the causes of the highest defects in the gear box include new operators and not accustomed to using the machine, targets, human error, inappropriate machine speed settings, lack of machine maintenance and lack of machine cleanliness, and materials that are castings.

Keywords: *defect; FMEA; FTA; waste*

1. Pendahuluan

Di tengah kemajuan teknologi yang sedang berkembang serta pasar persaingan industri yang semakin

ketat, sektor manufaktur merupakan salah satu tonggak industri yang terus berekspansi untuk mengusung perekonomian. Seiring dengan meningkatnya permintaan

pasar, perkembangan indsutri manufaktur tidak hanya berfokus pada produksi massal tetapi juga menyesuaikan dengan kebutuhan spesifik dan keunikan yang datang ke dalam organisasi. Permintaan yang semakin beragam ini mendorong banyak organisasi bisnis untuk terus berevolusi dan mengadopsi teknologi canggih yang dapat meningkatkan efisiensi produksi. Dalam hal ini PT YPTI berorientasi untuk mampu memberikan kualitas tinggi dan presisi guna memenuhi ekspektasi *customer* serta mempertahankan daya saing dalam industri global.

PT Yogya Presisi Teknikatama Industri (PT YPTI) merupakan suatu perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur dengan melayani beberapa produksi seperti *spare part* mesin industri, *jig*, *mould* (cetakan), *plastic injection* serta *prototyping*. Perusahaan ini mengembangkan layanan yang diproduksi berdasarkan dengan *request* dari *customer*, sehingga produksi yang dilakukan oleh perusahaan ini bersifat *make by order*. Dikarenakan kasus pada perusahaan dikerjakan per *project*, maka sering terjadi beberapa kendala yang berbeda-beda pada setiap produksinya.

Salah satu *project* yang sedang berjalan dan sedang dikerjakan oleh PT Yogya Presisi Tehnikatama Industri adalah Alat Tangkis. Produksi Alat Tangkis memerlukan ketelitian yang lebih tentunya pada setiap partnya dikarenakan *project* ini diproduksi dengan 38 *part*. Selama keberjalanan produksi hingga bulan Januari, *project* Alat Tangkis mengundang banyak perhatian dikarenakan menghasilkan produk yang tidak presisi seperti permintaan customer. Selain itu, selama proses produksinya, proyek ini juga menghasilkan berbagai *waste* yang muncul baik dari segi waktu ataupun *cost*, dikarenakan produk akhir NG (Not Good) sehingga perlu dilakukan perbaikan (*repair*) ataupun pembuatan ulang (*remake*). Setelah melakukan *controlling*, ditemukan berbagai jenis *defect* pada setiap part yang menjadikan masalah utama pada *project* ini. Hal tersebut berdampak kepada keseluruhan proses produksi sehingga mengakibatkan *defect* lainnya ataupun produk tidak bisa diassembly dengan bagian lain. Berikut merupakan data barang *defect* pada produksi Alat Tangkis.

No.	Part Name	Quantity	Total Barang NG	Prosentase	Prosentase Keseluruhan Produksi
1	Cigarette Hopper	187	23	12,299%	0,119%
2	Drum	515	34	6,602%	0,176%
3	Slider	2263	97	4,286%	0,502%
4	Rotation	443	49	11,061%	0,254%
5	Rotation Plate	150	26	17,333%	0,135%

6	Gear box	524	102	19,466%	0,528%
7	Gear box Plate	635	47	7,402%	0,243%
8	Premier Gear	705	10	1,418%	0,052%
9	Arm	678	39	5,752%	0,202%
10	Shaft 2	658	12	1,824%	0,062%
11	Stopper Handle	100	5	5,000%	0,026%

Part gear box merupakan salah satu part dengan persentase cacat terbesar yaitu sebanyak 102 part. Jumlah dari defect yang dihasilkan ini cukup merugikan perusahaan karena dapat menambah beban kerja, meningkatkan biaya operasional, serta memperpanjang waktu produksi yang berakibat keterlambatan pengiriman hasil produksi lain yang telah dijadwalkan.

Metode pendekatan yang tepat dilakukan dalam menganalisis masalah tersebut adalah dengan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang dapat menjelaskan tentang pembobotan dengan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) untuk mengidentifikasi kegagalan, mengevaluasi efek kegagalan, dan memprioritaskan kegagalan berdasarkan efek yang dihasilkan dari perhitungan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada part gear box produksi Alat Tangkis. Nilai RPN tertinggi digunakan untuk metode selanjutnya yaitu metode *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk mencari akar permasalahan dari faktor kegagalan tertinggi. Dengan analisis ini, diharapkan dapat ditemukan solusi yang tepat untuk meningkatkan kualitas part gear box untuk menunjang kualitas produksi alat tangkis sehingga dapat memenuhi spesifikasi yang diinginkan konsumen dan efisiensi pada produksi. Hal ini yang nantinya dapat dianalisis dan dilakukan rekomendasi perbaikan yang relevan dengan permasalahan tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dijabarkan pada latar belakang diatas ditemukan bahwa dalam melaksanakan produksi alat tangkis pada PT Yogya Presisi Teknikatama Industri ditemukan masalah yang mengakibatkan pemborosan produksi *part* terutama pada *part gear box* akibat barang *defect* yang berpengaruh kepada pemborosan lainnya seperti *cost*, waktu, dan *effort*. Maka untuk meminimalkan dampak yang meluas baik dari internal ataupun eksternal, diperlukan strategi untuk mengoptimalkan produksi di setiap part terutama dengan part yang mendominasi *defect*, sehingga dapat menghasilkan produk yang presisi dan sesuai dengan keinginan customer.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Kualitas

Kualitas merupakan salah satu fokus dalam dunia bisnis yang menjadi pedoman atau pegangan suatu bisnis yang dapat digunakan untuk hal yang disandingkan dengan bisnis lain. Faktor utama yang menentukan kinerja suatu perusahaan adalah kualitas barang dan jasa yang dihasilkan. Produk dan jasa yang dapat dikatakan berkualitas adalah produk yang sesuai dengan apa yang diinginkan oleh *customer* (Walujo, et al., 2020).

Kualitas dapat dibagi kedalam 5 kategori untuk mendefinisikan kualitas itu sendiri antara lain sebagai berikut.

1. *Transcendent Approach*
Kualitas dapat didefinisikan sebagai suatu yang berwujud tetapi sulit untuk didefinisikan, dioperasionalkan, maupun diukur. Dari perspektif ini biasanya perusahaan mengedepankan klaim seperti kelembutan dan keharuman pada pewangi pakaian, kemulusan dan kecantikan wajah pada produk kosmetik, pelayanan yang baik pada hal perbankan ataupun lokasi yang strategis pada pusat perbelanjaan. Sangat sulit untuk mendefinisikan kualitas secara langsung dan paten.
2. *Product-Based Approach*
Pada pendekatan ini, kualitas memiliki karakteristik atau atribut yang dapat diukur oleh penggunaannya. Perbedaan kualitas secara obyektif mencerminkan terdapatnya perbedaan dari setiap produk serupa, namun perbedaan selera disesuaikan dengan masing-masing perspektif individu yang tidak dapat dijelaskan secara jelas.
3. *User-Based Approach*
Kualitas dengan pendekatan ini difokuskan pada pemikiran kualitas yang ditentukan oleh apa yang diinginkan pelanggan. Definisi kualitas ini dijelaskan dengan produk yang paling sesuai dengan selera atau kesukaan pelanggan merupakan produk yang berkualitas. Pendekatan ini subjektif yang menyebabkan masing-masing konsumen memiliki keinginan yang berbeda-beda pula, sehingga kualitas mewakili kepuasan maksimal yang dapat dirasakan seseorang.
4. *Manufacturing-Based Approach*
Kualitas pada pendekatan ini berasal dari sudut pandang produsen dimana kualitas didefinisikan sebagai kesesuaian hasil produksi dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Pada pendekatan ini produsen mendefinisikan kualitas sebagai pemenuhan persyaratan (standar) produk atau prosedur. Pendekatan ini berfokus pada kepatuhan terhadap spesifikasi yang ditetapkan oleh perusahaan.
5. *Value-Based Approach*
Definisi kualitas dengan pendekatan ini adalah terkait nilai hubungan antara kepuasan dan harga.

Pendekatan ini cenderung mengarahkan kualitas sebagai tingkat keunggulan yang diterima customer. Sehingga pada pendekatan *value-based approach* menggambarkan produk yang paling bernilai adalah produk yang paling tepat untuk dibeli.

2.2 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas juga dapat didefinisikan sebagai teknik manajemen industri yang digunakan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang dapat diterima; sistem untuk mempertahankan tingkat kualitas yang diinginkan melalui umpan balik tentang karakteristik produk atau layanan dan penerapan tindakan perbaikan jika terjadi penyimpangan dari standar yang ditentukan. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa produk dibuat sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Ketika berbicara tentang pengendalian kualitas, perusahaan harus membuat lingkungan di mana manajemen dan karyawan berusaha keras untuk mencapai kesempurnaan. Hal ini dicapai melalui pelatihan karyawan, pengembangan standar kualitas produk, dan pengujian produk untuk mengidentifikasi variasi yang signifikan secara statistik (Hia., et al., 2024).

Pengendalian kualitas itu juga dapat dikelompokkan menjadi 2 tipe yaitu *offline quality control* dan *online quality control*. *Offline quality control* merupakan pengendalian kualitas yang dilakukan sebelum proses produksi dapat dimulai. Hal ini berhubungan dengan aktivitas untuk menentukan parameter produk dan proses yang dapat dikendalikan sehingga penyimpangan produk dapat diminimalkan. *Offline quality control* dilakukan pada desain produk. Tujuannya dibuat adalah untuk menghasilkan parameter proses sehingga hasil produksi dapat memenuhi standar. Sementara itu *online quality control* adalah pengendalian kualitas yang dilakukan pada saat proses produksi berlangsung. Tujuannya untuk memastikan proses produksi dapat menghasilkan produk dengan spesifikasi yang sesuai konsumen (Hia., et al., 2024).

2.3 Waste

Pemborosan atau *waste* merupakan segala aktivitas produksi yang tidak memberikan nilai tambah tetapi dapat mengeluarkan biaya atau dapat dikatakan manfaat yang diperoleh dari aktivitas itu lebih rendah daripada biaya yang dikeluarkan untuk membiayai aktivitas itu (Walenna, et al., 2022). Berikut merupakan tujuh jenis-jenis *waste* atau pemborosan (Lestari & Susandi, 2020):

1. *Transportation*

Transportasi dapat berupa pemborosan waktu karena jarak gudang bahan baku ke mesin jauh atau memindahkan material antar mesin atau dari mesin ke gudang produk jadi.

2. *Inventory*

Pemborosan *inventory* dapat berupa penyimpanan melebihi volume gudang yang

ditentukan, material yang rusak karena terlalu lama disimpan atau kadaluarsa

3. *Motion*

Pemborosan Gerakan dapat berupa gerakan-gerakan yang seharusnya bisa dihindari, misalnya komponen atau control yang jauh dari jangkauan, *double handling layout* yang tidak standart, atau operator yang melakukan gerakan yang tidak sesuai *jobdecs*.

4. *Waiting*

Pemborosan *waiting* merupakan proses menunggu yang menghabiskan waktu sehingga dapat menyebabkan biaya. Pemborosan ini dapat berupa menunggu kedatangan material, informasi, peralatan, dan perlengkapan.

5. *Overprocessing*

Waste overprocessing yaitu pemborosan yang disebabkan karena operator melakukan proses yang melebihi proses yang seharusnya. Pemborosan ini dapat terjadi seperti ketidaksesuaian proses/metode operasi prosuk yang diakibatkan oleh penggunaan *tool* yang tidak sesuai dengan fungsinya ataupun kesalahan prosedur/sistem operasi.

6. *Overproduction*

Overproduction merupakan pemborosan yang berupa produksi barang-barang berlebihan atau belum dipesan atau dapat juga produk yang diproduksi lebih banyak daripada yang dipesan atau dijual.

7. *Defect*

Pemborosan *defect* dapat berupa ketidaksempurnaan produk, kurangnya tenaga kerja pada saat proses berjalan, adanya proses pengerjaan ulang (*rework*) dan klaim dari pelanggan.

2.4 Produk Defect

Defect merupakan salah satu pemborosan yang sering ditemui pada bidang manufaktur ataupun produk. Jika didefinisikan, produk cacat adalah kondisi ketika produk tidak memenuhi harapan pelanggan atau berada di bawah tingkat harapan konsumen sehingga produk tersebut tidak dapat digunakan sesuai dengan tujuannya dengan optimal sehingga dapat membahayakan harta bendanya, kesehatan tubuh ataupun pengguna produk. Cacat produk dibagi ke dalam 2 kategori yaitu cacat yang terlihat dan cacat tersembunyi. Cacat terlihat merupakan suatu kegagalan produk yang dapat dilihat secara langsung dengan menggunakan pancaindera manusia sedangkan untuk cacat tersembunyi berkebalikan dengan cacat terlihat, dimana cacat ini dapat menjadikan suatu produk tidak dapat digunakan dan tidak bisa dilihat secara langsung dengan mata manusia (Maharani, 2022).

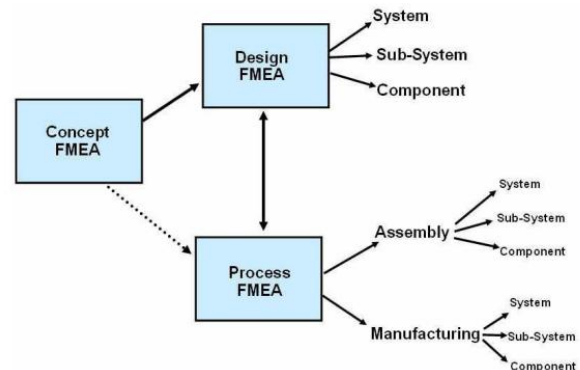
2.5 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

FMEA adalah metode sistematis untuk menemukan dan mencegah terjadinya masalah sistem, produk, dan proses sebelum terjadi. Fokus metode ini adalah untuk menghindari masalah, meningkatkan keselamatan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Dalam bidang manufaktur, FMEA banyak digunakan secara luas di berbagai industri termasuk pemrosesan semikonduktor, layanan makanan, plastik, pembangkit Listrik, dan lain sebagainya. Metode ini digunakan untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan berdasarkan pengalaman masa lalu dengan proses serupa (Sharma & Srivastava, 2018).

Hasil dari sebuah FMEA pengembangan adalah tindakan untuk mencegah atau mengurangi keparahan atau kemungkinan kegagalan, dimulai dengan prioritas tertinggi yang paling tinggi. FMEA menentukan prioritas risiko dari mode kegagalan melalui nomor prioritas risiko (RPN), yang merupakan hasil kali dari *occurrence* (O), *severity* (S) dan *detection* (D) dari kegagalan. ($RPN = O \times S \times D$) (Sharma & Srivastava, 2018).

2.5.1 Tipe FMEA

Dalam pengaplikasiannya FMEA dikategorikan kedalam tiga tipe dasar yang digambarkan pada gambar di bawah ini (Sharma & Srivastava, 2018).



Gambar 2. 1 Type of FMEA

1. FMEA konsep CFMEA

FMEA Konsep (CFMEA) digunakan pada tahap awal pengembangan untuk menganalisis mode kegagalan potensial yang terkait dengan konsep yang diusulkan, terutama pada tingkat sistem dan subsistem.

2. FMEA konsep DFMEA

FMEA Desain (DFMEA) bertujuan untuk mengidentifikasi dan mencegah mode kegagalan produk yang terkait dengan desainnya. FMEA ini dilakukan pada berbagai tingkatan, seperti sistem, subsistem, atau komponen, dan penting untuk mengidentifikasi potensi mode kegagalan pada tahap awal pengembangan desain.

3. FMEA konsep PFMEA

FMEA Proses (PFMEA) fokus pada mode kegagalan potensial dalam proses manufaktur

atau perakitan. Ini terdiri dari FMEA Manufaktur, yang fokus pada mode kegagalan umumnya terkait dimensi atau visual, dan FMEA Perakitan, yang melibatkan mode kegagalan seperti dimensi relasional, bagian yang hilang, atau pemasangan yang tidak benar.

Ketiga jenis FMEA ini penting dalam mengidentifikasi potensi mode kegagalan dan mengambil tindakan pencegahan yang diperlukan untuk meminimalkan risiko produk yang rusak atau cacat.

2.5.2 Langkah- Langkah FMEA

Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan FMEA (Sharma & Srivastava, 2018).

1. Membentuk tim FMEA.
2. Mendeskripsikan produk/proses/sistem yang kita inginkan yang akan dianalisis.
3. Membuat Diagram Blok dari produk atau proses yang menunjukkan komponen-komponen utama atau langkah-langkah proses sebagai blok-blok yang dihubungkan bersama oleh garis-garis yang menunjukkan bagaimana komponen-komponen atau langkah-langkah tersebut terkait.
4. Daftar mode kegagalan potensial, penyebab kegagalan dan efeknya pada sistem.
5. Tetapkan peringkat Tingkat Keparahan, Kejadian, dan Deteksi untuk setiap mode kegagalan.
6. Menghitung RPN (*Risk Priority Number*) dengan menggunakan rumus matematika ($RPN = Severity \times Occurance \times Detection$).
7. Kembangkan rencana tindakan dan Tentukan siapa yang akan melakukan apa dan kapan.
8. Lakukan tindakan yang telah diidentifikasi oleh tim FMEA.
9. Menghitung RPN yang dihasilkan setelah implementasi tindakan.
Bandingkan RPN sebelum dan sesudah implementasi Tindakan dan mengevaluasi kembali setiap potensi kegagalan setelah perbaikan dilakukan dan tentukan dampak dari perbaikan tersebut dengan menggunakan FMEA.

2.5.3 Severity, Occurrence, dan Detection

Proses FMEA terdapat 3 variabel utama antara lain *severity*, *occurance*, dan *detection*.

- Severity merupakan rating atau tingkat yang mengacu pada seriusnya dampak dari suatu potensial failure mode. Dampak dari rating tersebut mulai skala 1 sampai 10, dimana skala 1 merupakan dampak paling ringan sedangkan 10 merupakan dampak terburuk dan penentuan terhadap rating. Berikut merupakan penjelasan untuk *rating severity* secara general.

Rank	criteria
1-2	Minor Unreasonable to expect that the minor nature of this failure would cause any real effect on the product and/or service. Customer will probably not even notice the failure.
3-4	Low: Low severity ranking due to nature of failure causing only a slight customer annoyance. Customer probably will notice a slight deterioration of the product and/or service, a slight inconvenience in the next process, or minor rework action.
5-6	Moderate: Moderate ranking because failure causes some dissatisfaction. Customer is made uncomfortable or is annoyed by the failure. May cause the use of unscheduled repairs and/or damage to equipment..
7-8	High: High degree of customer dissatisfaction due to the nature of the failure such as an inoperable product or inoperative convenience. Does not involve safety issues or government regulations. May cause disruptions to subsequent processes and/or services.
9-10	Very high:. Very high severity is when the failure affects safety and involves noncompliance with government regulations

Gambar 2. 2 Rating Severity

• Occurance

Occurance menunjukkan frekuensi kegagalan seperti seberapa sering cacat terjadi pada produk isolator. Nilai frekuensi kegagalan menunjukkan seberapa ringan masalah yang terjadi karena penyebab potensial. Berikut merupakan penjelasan untuk *rating occurance* secara general.

Rank	criteria
1-2	Remote probability of occurrence. Capability shows at least X-bar _ 3_ within specifications (1/10,000).
3-4	Low probability of occurrence. Process in statistical control. Capability shows at least X-bar _ 3_ within specifications (1/5000–1/500).
5-6	Moderate probability of occurrence. Process in statistical control with occasional failures, but not in major proportions. Capability shows more than X-bar _ 2.5_ within specifications (1/20–1/200).
7-8	High probability of occurrence. Process in statistical control with failures often occurring. Capability shows X-bar _ 1.5_ (1/100–1/20).
9-10	Very high probability of occurrence. Failure is almost certain. (1/10 _).

Gambar 2. 3 Rating Occurance

• Detection

Detection adalah sebuah pengukuran untuk mengendalikan kegagalan yang dapat terjadi. Ini adalah sebuah kontrol proses yang akan mendeteksi secara spesifik akar penyebab kegagalan. Berikut merupakan penjelasan untuk *rating detection* secara general.

Rank	Criteria
1	Very high : Controls almost certainly will detect the existence of a defect. Remote likelihood that the product or service will be delivered (1/10,000). The defect is functionally obvious and readily detected. Detection reliability at least 99.99 percent.
2-5	High : Controls have a good chance of detecting the existence of a failure. Low likelihood that the product would be delivered with the defect. The defect is obvious (1/5000–1/500). Detection reliability at least 99.80 percent.
6-8	Moderate : Controls may detect the existence of a defect. Moderate likelihood that the product will be delivered with the defect. The defect is easily identified (1/200–1/50). Detection reliability at least 98.00 percent.
9	Low : Controls more likely will not detect the existence of a defect. High likelihood that the product would be delivered with the defect. The defect is subtle (1/20). Detection reliability greater than 90 percent.
10	Very low : Controls very likely will not detect the existence of a defect. Very high likelihood that the product and/or service will be delivered with the defect. Item is usually not checked or not checkable. Quite often the defect is latent and would not appear during the process or service (1/10 _). Detection reliability 90 percent or less.

Gambar 2. 4 Rating Detection

2.6 Fault Tree Analysis (FTA)

FTA adalah teknik desain grafis yang menyediakan alternatif untuk diagram blok keandalan. Ini lebih luas dalam ruang lingkup daripada diagram blok keandalan dan berbeda dari diagram blok keandalan dalam beberapa hal. Ini bersifat *top-down*, analisis deduktif yang terstruktur dalam hal peristiwa daripada komponen. Keuntungan dari berfokus pada kegagalan adalah bahwa kegagalan biasanya lebih mudah untuk mendefinisikan daripada non-kegagalan dan mungkin

ada jauh lebih sedikit cara-cara di mana non-kegagalan dapat terjadi. Fokusnya adalah biasanya pada kegagalan yang signifikan atau bencana yang signifikan, yang disebut sebagai peristiwa teratas dan muncul di bagian atas diagram pohon kesalahan (Waghmode & Patil, 2013).

2.6.1 Simbol pada FTA

Berikut merupakan simbol-simbol dasar yang digunakan dalam FTA dikelompokkan sebagai *events*, *gates*, dan simbol transfer.

TRANSFER SYMBOLS

Symbol	Meaning
	Transfer-In
	Transfer-out

Gambar 2. 5 Transfer Symbol

Simbol gate digunakan untuk menunjukkan hubungan antar kejadian dalam sistem. Setiap kejadian dalam sistem dapat secara pribadi atau bersama-sama menyebabkan kejadian lain muncul. Adapun simbol-simbol hubungan yang digunakan dalam FTA antara lain (Syarifudin & Putra, 2021).

GATE SYMBOL

Symbol	Meaning
	AND Gate
	OR Gate
	Exclusive OR Gate
	Priority AND Gate
	Inhibit Gate

Gambar 2. 6 Gate Symbol

Simbol peristiwa digunakan memperlihatkan karakter pada setiap peristiwa dari sistem (Putra, et al., 2022).

EVENT SYMBOL

Symbol	Meaning
	Basic event
	Incomplete Event
	Conditional Event
	Normal Event
	Intermediate Event

Gambar 2. 7 Event Symbol

2.6.2 Kategori Cause and Effect Diagram

Menurut (Fadilah, et al., 2023) dalam melakukan analisis penyebab dan akar penyebab dapat digunakan beberapa indikator untuk membantu

menganalisis penyebab – penyebab yang mengakibatkan adanya defect. Berikut merupakan penjabaran dari beberapa indikator yang dapat digunakan.

1. *Man*

Faktor yang berkaitan dengan keterampilan, pelatihan, motivasi, atau tindakan individu yang dapat mempengaruhi suatu permasalahan dalam proses produksi atau operasional. Kualitas sumber daya manusia sangat menentukan efektivitas dan efisiensi suatu sistem kerja.

2. *Machine*

Faktor yang berhubungan dengan peralatan, mesin, atau alat yang digunakan dalam suatu proses. Kondisi, keandalan, dan pemeliharaan peralatan memiliki dampak signifikan terhadap hasil akhir serta efisiensi produksi.

3. *Method*

Faktor yang mencakup prosedur, metode kerja, atau instruksi yang diterapkan dalam pelaksanaan suatu proses. Efektivitas metode yang digunakan sangat berpengaruh terhadap kualitas dan kelancaran operasional.

4. *Material*

Faktor yang berkaitan dengan bahan baku atau material yang digunakan dalam proses produksi. Kualitas, ketersediaan, serta ketepatan spesifikasi material berkontribusi terhadap hasil akhir suatu produk atau layanan.

5. *Measurement*

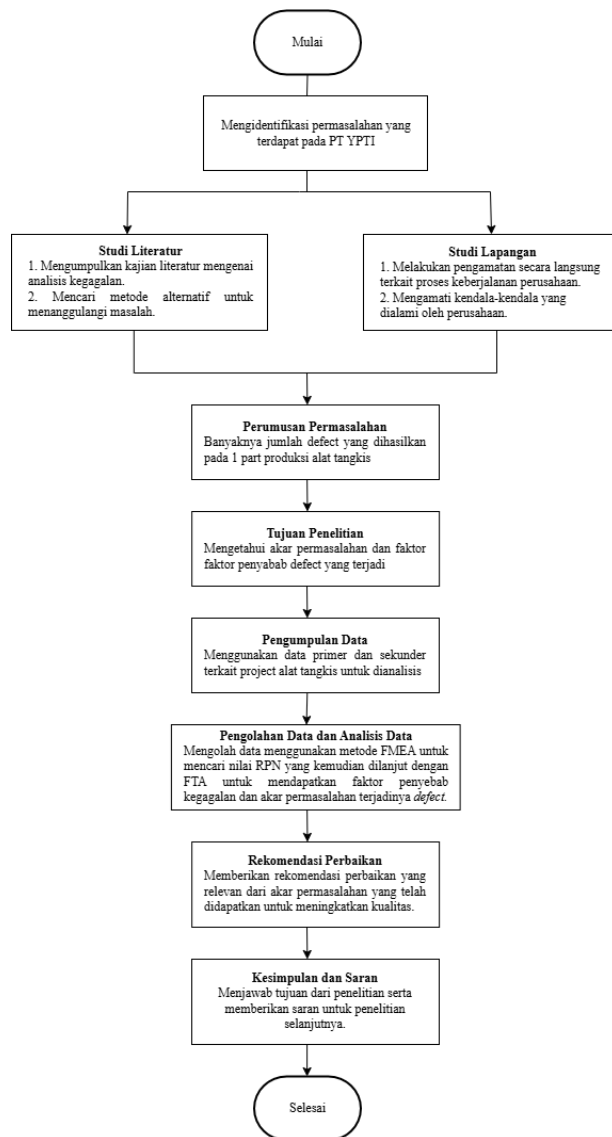
Faktor yang mencakup metode pengukuran, kontrol, atau evaluasi yang digunakan dalam suatu proses. Keakuratan dalam pengukuran dan pemantauan sangat penting dalam menjamin kualitas serta kepatuhan terhadap standar yang telah ditetapkan.

6. *Environment*

Faktor lingkungan mencakup kondisi eksternal yang dapat mempengaruhi suatu proses, seperti suhu, kelembapan, kebersihan, kebisingan, pencahayaan, serta faktor eksternal lainnya.

3. Metodologi Penelitian

Berikut merupakan metodologi penelitian dari laporan Kerja Praktik ini.



4. Pengumpulan Data

4.1.1 Data Primer

Berikut merupakan data- data yang dikumpulkan penulis berdasarkan observasi lapangan selama periode Kerja Praktik di PT. Yogya Presisi Tehnikatama:

1. Tidak ada rumah snpring pada lubang di *Gear box*.
Berikut merupakan gambar *gear box* dengan *defect* tidak ada rumah *snpring* pada proses produksi alat tangkis.



Gambar 4. 1 Gambar Defect Tidak Ada Rumah Sparing

2. Lubang pada *gear box* pecah
Berikut merupakan gambar *gear box* dengan *defect* lubang pecah pada proses produksi alat tangkis.



Gambar 4. 2 Gambar Defect Gear Box Pecah

3. Lubang tempat baut tidak *center*
Berikut merupakan gambar *gear box* dengan *defect* lubang tempat baut tidak *center* pada proses produksi alat tangkis.



Gambar 4. 3 Gambar Defect Lubang Tempat Baut Tidak Center

4. *Stopper Bearing* pecah
Berikut merupakan gambar *gear box* dengan *defect stopper bearing* pecah pada proses produksi alat tangkis.



Gambar 4. 4 Gambar Defect Stopper Bearing Pecah

5. Lubang pada gear box terlalu tipis
Berikut merupakan gambar gear box dengan defect lubang yang terlalu tipis pada proses produksi alat tangkis.



Gambar 4. 5 Gambar Defect Lubang Gear Box Terlalu Tipis

6. Lubang pada gear box retak setelah diisi snapping
Berikut merupakan gambar gear box dengan defect retak setelah diisi snapping pada proses produksi alat tangkis.



Gambar 4. 6 Gambar Defect Lubang Pada Gear Box Retak Setelah Diisi Snapping

4.1.2 Data Sekunder

Berikut merupakan data jumlah defect pada project alat tangkis dari periode 6 Desember 2024 - 22 Januari 2025.

Tabel 4.1 Data Defect

No	Part Number	Part Name	QTY	NG
1	24.SP.036.001.R02 (R03)	Base Plate	450	0
2	24.SP.036.002.R01	Bracket Cigarette	187	0
3	24.SP.036.003.R01	Cigarette Holder	601	0
4	24.SP.036.004.R03	Cigarette Hopper	187	23
5	24.SP.036.005.R00	Bracket Assy Drum	413	0
6	24.SP.036.006.R00	Drum	515	34
7	24.SP.036.007.R00 (R01)	Slider	2263	97
8	24.SP.036.008.R00 (R01)	Pluger	863	0

Tabel 4.1 Data Defect (Lanjutan)

No	Part Number	Part Name	QTY	NG
9	24.SP.036.009.R00	Maint Shaft	459	0
10	24.SP.036.010.R01	Rotation	443	49
11	24.SP.036.011.R00	Rotation Plate	150	26
12	24.SP.036.012.R00	Gear box	524	102
13	24.SP.036.013.R00	Gear box Plate	635	47
14	24.SP.036.014.R00	Premier Gear	705	10
15	24.SP.036.015.R00	Secondary Gear	638	0
16	24.SP.036.016.R00	Arm	678	39
17	24.SP.036.017.R00	Handle	260	0
18	24.SP.036.018.R00	Spring Plate	0	0
19	24.SP.036.019.R01	Front Cover	350	0
20	24.SP.036.020.R01	Rear Cover	340	0
21	24.SP.036.021.R01	Shaft 1	342	0
22	24.SP.036.022.R00	Shaft 2	658	12
23	24.SP.036.023.R01	Shaft 3	651	0
24	24.SP.036.024.R00	Bushing 1	400	0
25	24.SP.036.025.R00	Bushing 2	565	0
26	24.SP.036.026.R00	Bushing 3	756	0
27	24.SP.036.027.R00	Bushing 4	711	0
28	24.SP.036.028.R00	Locking	581	0
29	24.SP.036.029.R00	Locking Gear	492	0
30	24.SP.036.030.R00	Spring Slider	199	0
31	24.SP.036.031.R00	Key Way	558	0
32	24.SP.036.032.R00	Stopper Positioning	260	0
33	24.SP.036.033.R02	Stopper Handle	100	5
34	24.SP.036.034.R00	Cover Spring	306	0
35	24.SP.036.035.R00	Shim 1	308	0
36	24.SP.036.036.R00	Shim 2	311	0
37	24.SP.036.037.R00	Shim 3	518	0
38	24.SP.036.038.R00	Shim 4	676	0

4.2 Analisis

4.2.1 FMEA

Berikut merupakan analisis *Failure Mode and Effect Analysis* berdasarkan dengan kegagalan-kegagalan yang terjadi pada part gear box untuk mencari tahu efek dan penyebab dari kegagalan yang direpresentasikan ke dalam bentuk angka terkait tiga aspek penilaian yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

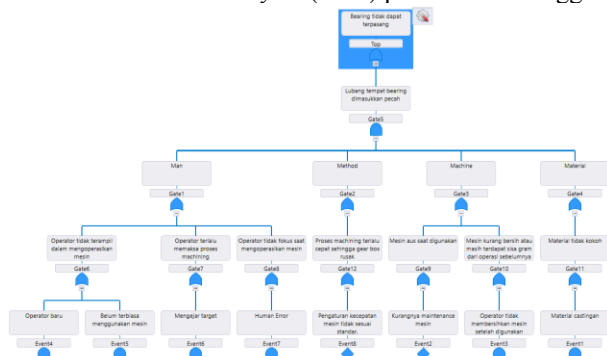
Tabel 4.2 FMEA

Failure Moda	Failure Effect	Failure Cause	Rating			RPN
			S	O	D	
Tidak ada rumah <i>snapring</i> pada lubang di Gear box.	<i>Snapring</i> tidak dapat terpasang. <i>Bearing</i> mudah lepas dari lubang.	• Terdapat operasi kerja yang terlewat oleh operator.	7	4,5	3,5	110,25
Lubang tempat <i>bearing</i> dimasukkan pecah.	<i>Bearing</i> tidak dapat terpasang.	• Material bersifat <i>casting-an</i> sehingga mudah rusak. • Proses <i>machining</i> yang terlalu keras.	8,5	6	3,25	165,75
Lubang pada <i>point</i> baut antara kanan dan kiri tidak <i>center</i> .	Lubang <i>point</i> kanan dan kiri tidak simetris. Tidak dapat diassemblykan dengan part lain.	• Pengukuran yang tidak sesuai dengan gambar. • Handling operator pada proses pembuatan yang kurang stabil. • Machining yang tidak presisi atau goyang.	8	4	4	128,00
Stopper <i>Bearing</i> pecah.	<i>Bearing</i> berpotensi defect karena terkena permukaan yang rusak/pecah. <i>Bearing</i> bergerak leluasa sehingga perputaran handle tidak terkontrol.	• Material bersifat <i>casting-an</i> sehingga mudah rusak. • Proses <i>machining</i> yang terlalu keras. • Handling operator pada proses <i>machining</i> yang kurang stabil.	5,75	2,75	3,5	55,34
Lubang pada Gear box terlalu tipis.	Stopper <i>bearing</i> berpotensi pecah. Rumah <i>snapring</i> berpotensi pecah. Terjadi goyang yang abnormal pada satuan part gear box (contoh: handle maupun rotation).	• Material bersifat <i>casting-an</i> sehingga mudah rusak. • Terlalu banyak melakukan pengikisan pada body Gear box.	8,5 8	5 2,5	2,5	106,25 40,00
Lubang pada Gear box retak setelah diisi <i>snapring</i> .	Menyebabkan defect pada part lain yang berhimpitan. <i>Snapring</i> lepas dari rumah <i>snapring</i> .	• Material bersifat <i>casting-an</i> sehingga mudah rusak. • Operator terlalu keras dalam memasukkan <i>bearing</i> .	6 8,75	2,25 5	2 2,5	27,00 109,38

Berdasarkan analisis FMEA yang telah dilakukan tersebut dapat diketahui bahwa masing-masing kegagalan yang terjadi selama proses pembuatan *part gear box* pada *project* alat tangkis memiliki efek yang berpengaruh dengan penyebab seperti yang tertera diatas. Setelah dilakukan perhitungan RPN dari masing-masing indikator (*Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*) didapatkan nilai RPN tertinggi ada pada *bearing* yang tidak dapat terpasang. Pada wawancara yang dilakukan kepada pembimbing perusahaan diketahui bahwa apabila *bearing* tidak terpasang maka beberapa *part* lainnya juga tidak dapat terpasang sehingga mengakibatkan produk tidak dapat digunakan.

4.2.2 FTA

Dari hasil perhitungan FMEA, didapatkan bahwa RPN tertinggi sebesar 165,75 pada kegagalan *bearing* tidak dapat dipasang. Hal ini berakibat fatal karena menyebabkan *part* lainnya tidak dapat diassemblykan dengan *part* lain. Berikut merupakan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) pada RPN tertinggi.



Gambar 4. 7 FTA

Berdasarkan analisis *Fault Tree Analysis* (FTA) pada diagram diatas yang dilakukan guna mengidentifikasi penyebab utama atau *root cause* dari permasalahan "*bearing* tidak dapat terpasang" ditemukan beberapa faktor-faktor penyebab utama masalah tersebut berasal dari empat kategori utama, yaitu faktor manusia (*Man*), metode (*Method*), mesin (*Machine*), dan material (*Material*). Penjelasan berikut dapat menggambarkan alasan dari penyebab penyebab terjadinya faktor tersebut.

1. Faktor *Man*

Pada faktor ini akar utama permasalahan berfokus kepada kinerja operator. Hal-hal yang berhubungan langsung dan penyebab utama didasarkan oleh kesalahan operator. Berdasarkan FTA ditemukan bahwa beberapa faktor penyebab kegagalan *bearing* yang tidak dapat terpasang adalah sebagai berikut:

a) Operator tidak terampil dalam mengoperasikan mesin

Ketidakterampilan operator dalam mengoperasikan mesin dapat menjadi penyebab karena operator baru dan belum terbiasa menggunakan mesin. Di perusahaan banyak sekali anak magang yang dipercayakan untuk menggunakan mesin atau berlaku sebagai operator mesin tersebut sehingga hal ini berpengaruh besar terhadap hasil akhir produk karena mereka juga belum terbiasa untuk menggunakan mesin secara langsung.

b) Operator yang terlalu memaksa proses *machining*

Operator memiliki capaian atau target dalam menyelesaikan sejumlah produk per harinya dan hal ini berpengaruh kepada proses *machining*. Mesin juga memiliki target untuk

menyelesaikan produk dalam jumlah dan waktu tertentu, hal ini dapat mempengaruhi operator untuk terus melaksanakan produksi walaupun produk sudah terdapat indikasi untuk *defect*.

- c) Operator tidak fokus dalam mengoperasikan mesin

Dikarenakan pekerjaan masih dilakukan dengan manusia dan mesin, faktor *human error* tidak akan lepas dari penyebab terjadinya *defect* seperti operator yang sudah mulai tidak fokus dalam mengoperasikan mesin terlebih mendekati jam istirahat ataupun jam pulang kerja.

2. Faktor *Method*

Aspek yang mengidentifikasi terkait proses produksi terdapat pada faktor *method*. Di mana faktor ini mengidentifikasi penyebab masalah selama keberjalanan proses produksi dengan memperhatikan metode-metode yang dilaksanakan. Pada diagram FTA seperti gambar diatas dapat ditemukan penyebab utamanya berada pada proses *machining* yang terlalu cepat mengakibatkan kerusakan pada *gear box*. Hal ini dikarenakan pengaturan kecepatan mesin tidak sesuai standar.

3. Faktor *Machine*

Faktor mesin merupakan salah satu faktor penyebab kegagalan *bearing* yang tidak dapat terpasang. Faktor ini berguna untuk mengidentifikasi kegagalan – kegagalan yang disebabkan oleh mesin sebagai alat bantu saat proses produksi produk. Pengaruh mesin menjadi salah satu pengaruh utama dikarenakan mesin merupakan salah satu alat yang berhubungan secara langsung dengan produk. Pada diagram FTA faktor mesin didapati dua aspek utama penyebab terjadinya kegagalan antara lain:

- a) Mesin aus saat digunakan

Mesin yang aus erat kaitannya dengan hal *maintenance* mesin, di mana penggunaan mesin dalam kondisi aus atau kurangnya perawatan (*maintenance*) menyebabkan kegagalan pada proses pemasangan *bearing*.

- b) Mesin kurang bersih atau terdapat sisa gram dari operasi sebelumnya

Hal ini disebabkan oleh operator pada mesin yang digunakan kurang teliti dalam membersihkan mesin, seperti terdapatnya sisa gram dari operasi sebelumnya akibat kelalaian operator dalam membersihkan mesin, turut mempengaruhi hasil *machining*.

4. Faktor *Material*

Faktor *Material* merupakan salah satu penyebab utama yang berkontribusi terhadap kegagalan pemasangan *bearing*. Faktor ini dikategorikan dalam cabang tersendiri dan terindikasi disebabkan oleh material yang tidak kokoh. Untuk proses

machining yang bisa dikatakan cukup panjang dan berpengaruh kepada part lain, pemilihan material yang diberikan langsung oleh konsumen tidak sepenuhnya dapat dijalankan dengan baik pada proses produksi. Hal ini disebabkan karena material yang diberikan adalah material *casting*-an di mana material ini didapatkan dari hasil penuangan logam cair ke dalam cetakan yang menghasilkan bahan yang kurang kuat ataupun kokoh untuk dilanjutkan ke proses *machining* lain. Jika material casting tidak memenuhi standar yang ditetapkan, maka akan berdampak pada ketahanan material saat dilakukan *machining* maupun pemasangan *bearing*.

4.3 Usulan Perbaikan

Berikut merupakan usulan perbaikan yang dapat dilakukan perusahaan berdasarkan dengan FMEA dan FTA diatas.

Aspek	Faktor Penyebab Tidak Terpasangnya <i>Bearing</i>	Usulan Perbaikan	Analisis Kondisi Aktual
Man	Operator baru	1. Pemberian pelatihan/ training secara khusus dan berkala setiap harinya selama 1 minggu oleh staf ahli yang bertanggung jawab pada mesin tersebut.	Perusahaan sudah memberlakukan adanya pengajaran dari staf ahli pada masing- masing PIC mesin untuk mendampingi staf magang, tetapi pada kondisi aktualnya staf ahli tidak secara intensif memberikan bimbingan dengan detail kepada staf magangnya.
		2. Memperketat sistem masuk pada proses magang untuk mendapatkan SDM yang berkualitas dan berpengetahuan.	
		3. Operator baru dapat diberikan tugas yang lebih ringan terlebih dahulu sebelum menangani proses yang lebih kompleks.	
		4. Staf ahli memberikan pelatihan secara intensif selama proses pembelajaran staf magang.	
Man	Operator baru	5. Pemberian pelatihan/ training secara khusus dan berkala setiap harinya selama 1 minggu oleh staf ahli yang bertanggung jawab pada mesin tersebut.	Perusahaan sudah memberlakukan adanya pengajaran dari staf ahli pada masing- masing PIC mesin untuk mendampingi staf magang, tetapi pada kondisi aktualnya staf ahli tidak secara intensif memberikan bimbingan dengan detail kepada staf magangnya.
		6. Memperketat sistem masuk pada proses magang untuk mendapatkan SDM yang berkualitas dan berpengetahuan.	
		7. Operator baru dapat diberikan tugas yang lebih ringan terlebih dahulu sebelum menangani proses yang lebih kompleks.	
		8. Staf ahli memberikan pelatihan secara intensif selama proses	

			pembelajaran staf magang.	
Belum terbiasa menggunakan mesin	1.	Operator baru dapat diberikan tugas yang lebih ringan terlebih dahulu sebelum menangani proses yang lebih kompleks.	Pada perusahaan staf magang ataupun operator baru dianggap sudah memahami dasar – dasar penggunaan mesin sehingga langsung ditempatkan pada masing- masing mesin yang didampingi oleh staf ahli atau PIC dari mesin tersebut, nyatanya mereka perlu waktu dan tahapan untuk memahami penggunaan mesin yang digunakan pada perusahaan.	
	2.	Memberikan pelatihan operator dengan menggunakan <i>software</i> untuk simulasi mesin yang dapat dipelajari dimanapun.		
Operator mengejar target	1.	Mengevaluasi kembali untuk target produksi, dan mengkomunikasikan kepada pihak PPIC berdasarkan efektivitas penggunaan mesin.	Pada aktualnya komunikasi antara pihak marketing dan PPIC kurang baik, sehingga banyak terjadi penumpukan orderan marketing mengambil terlalu banyak orderan dengan kondisi produksi yang mungkin kurang memumpuni untuk mencapai target yang diajukan dan diterima oleh tim marketing.	
	2.	Menyesuaikan kecepatan mesin berdasarkan tekanan mesin yang dapat diterima oleh material agar tidak merusak <i>gear box</i> .		
	3.	Memberikan <i>knowledge</i> kepada operator baru terkait material yang digunakan dan kelemahan dari material yang diberikan.		
<i>Method</i>	Pengaturan kecepatan mesin tidak sesuai standar	1. Membuat program yang dirancang untuk memonitoring kecepatan mesin dari <i>device</i> ruang <i>leader</i> .	Pada dasarnya staf magang yang menggunakan mesin kurang memahami spesifikasi material dan kecepatan yang dapat diterima material dan mesin serta kurangnya dampingan oleh staf ahli.	
		2. Penggunaan teknologi otomatisasi yang dapat menyesuaikan kecepatan mesin secara otomatis sesuai dengan standar.		
<i>Machin</i>	Kurangnya <i>maintenance</i> mesin	1. Mengadakan inspeksi harian atau mingguan terhadap kondisi mesin agar tidak terjadi kerusakan akibat keausan sebelum memulai produksi.	Beberapa staf ahli ataupun staf magang belum dapat mendeteksi tanda- tanda kerusakan mesin.	
		2. Memberikan <i>knowledge</i> kepada operator untuk mendeteksi tanda-tanda awal kerusakan mesin sehingga dapat ditangani lebih awal.		
		3. Membuat urutan alur pengecekan yang ditempelkan didekat mesin agar operator mudah untuk mengingat.		

	Operator tidak membersihkan mesin	1.	Melakukan pembersihan secara berkala sebelum dan sesudah menggunakan mesin serta sebelum melakukan operasi lanjutan.	Tempat untuk alat kebersihan pada lantai produksi hanya disediakan beberapa titik dengan kondisi luasnya lantai produksi sehingga mengakibatkan operator malas untuk membersihkan area mesin.
		2.	Menempatkan alat pembersih yang mudah dijangkau oleh operator untuk melakukan pembersihan	
Material	Material <i>casting</i>	1.	Memberikan <i>knowledge</i> dari material yang digunakan oleh customer dengan tenggat waktu yang diberikan.	Material yang digunakan secara langsung dan dipilih oleh customer, sehingga YPTI hanya mengoperasikan ataupun membuat sesuai dengan request customer beserta material yang diberikan. Alhasil banyak sekali hasil <i>gear box</i> yang <i>defect</i> .
		2.	Memberlakukan standar kekuatan material yang dapat dioperasikan oleh mesin untuk penerimaan bahan baku.	
		3.	Melakukan uji kekuatan material secara acak untuk memastikan bahan memenuhi standar sebelum masuk ke proses produksi.	

5 Kesimpulan

Berikut merupakan kesimpulan dari penelitian Kerja Praktik pada PT. Yogya Presisi Teknikatama Industri.

1. Pada pembuatan part *gear box* ditemukan beberapa kegagalan selama produksi hingga bulan Januari yang meliputi tidak ada rumah snapring pada lubang di *gear box*, lubang pada *gear box* pecah, lubang tempat baut tidak center, *stopper bearing* pecah, lubang pada *gear box* terlalu tipis, dan lubang pada *gear box* retak setelah diisi oleh snapring.
2. Berdasarkan dengan kegagalan-kegagalan yang terjadi pada *part gear box* untuk mencari tahu efek dan penyebab dari kegagalan yang direpresentasikan ke dalam bentuk angka terkait tiga aspek penilaian yaitu *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*. Setelah dilakukannya FMEA untuk menganalisa *failure effect* dan *cause* yang terjadi didapatkan RPN terbesar adalah senilai RPN tertinggi sebesar 165,75 pada kegagalan *bearing* tidak dapat dipasang.
3. Berdasarkan RPN tertinggi, dilakukan analisis lanjutan dengan menggunakan metode (*Fault Tree Analysis*) FTA untuk mencari akar-akar penyebab masalahnya. Terdapat 4 aspek penyebab terjadinya kegagalan *bearing* tidak

dapat terpasang yaitu *Man, Method, Machine*, dan *Material*. Pada faktor *Man* akar utama permasalahan berfokus kepada kinerja operator. Hal-hal yang berhubungan langsung dan penyebab utama didasarkan oleh kesalahan operator yang meliputi operator tidak terampil dalam mengoperasikan mesin, operator yang terlalu memaksa proses *machining*, dan operator tidak fokus dalam mengoperasikan mesin. Faktor *Method* ditemukan penyebab utamanya berada pada proses *machining* yang terlalu cepat mengakibatkan kerusakan pada *gear box*. Hal ini dikarenakan pengaturan kecepatan mesin tidak sesuai standar. Faktor *Machine* didapati penyebab utamanya karena mesin aus saat digunakan dan mesin yang kurang bersih atau terdapat sisa gram dari operasi sebelumnya. Faktor *Material* ini merupakan salah satu penyebab dari kegagalan – kegagalan yang ada yaitu material yang tidak kokoh karena bersifat castingan.

4. Rekomendasi perbaikan diberikan kepada setiap akar permasalahan untuk membantu proses keberjalanan produksi untuk selanjutnya.

Daftar Pustaka

- Fadilah, N. H., Kurn., K., & Fadhilah, N. H. (2023). Proceedings of the 4th International Conference on Economic, Management, and Accounting (ICEMAC 2023). Sukabumi: Atlantis Press.
- Hia., S. W., Setiyani, A., Mulyana, I. J., Kifta, D. A., & Witanto, Y. (2024). *Manajemen Kualitas Modern*. CV Oxy Consultant.
- Lestari, K., & Susandi, D. (2020). Penerapan Lean Manufacturing untuk mengidentifikasi waste pada proses produksi kain knitting di lantai produksi PT. XYZ. *Jurnal 10th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 568.
- Maharani, A. F. (2022). Produk Cacat Tersembunyi Dalam Perspektif Hukum Perlindungan Konsumen di Indonesia: Analisis Product Liability. *Lex Prudentium*, 1.
- Putra, A. N., Prabowo, R., & Mollah, M. K. (2022). Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Fault Tree Analysis (FTA) Pada Mesin Moulding PT. TFM *Industrial Engineering Journal*, 11.
- Rifanto, R. (2021). *9 Pemborosan yang Membunuh Profit*. Elex Media Komputindo.
- Sharma, K. D., & Srivastava, S. (2018). Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Implementation: A Literature Review. *Journal of Advance Research in Aeronautics and Space Science*, 5(1&2), 1-17.
- Situmorang, S. H. (2010). *Analisis Data untuk Riset Manajemen dan Bisnis*. Medan: USU Press.
- Syarifudin, A., & Putra, J. T. (2021). Analisa Risiko Kegagalan Komponen Pada Excavator Komatsu 150l dengan Metode Fta Dan Fmea di PT. XY. *Jurnal InTent*, Vol. 4.
- Waghmode, & Patil, R. B. (2013). An Overview Of Fault Tree Analysis (FTA) Method For Reliability Analysis. *Journal of Engineering Research and Studies*, IV(1).
- Walenna, A., Wulantari, N., Dwi, E., & Aryunda, H. (2022). Studi Komparatif. *Hukum Tabdzirdan 7 Wasted dalam Proses Manufaktur untuk Meminimalkan Biaya (cost)*, 1, 2.
- Walujo, D. A., Koesdijati, T., & Utomo, Y. (2020). *Pengendalian Kualitas*. Surabaya: Scorpindo Media Pustaka.