

USULAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRODUKSI *RUDDER TILLER* DI PT. PINDAD BANDUNG MENGGUNAKAN FMEA DAN FTA*

Ghimaris Al Ghivaris, Kusmaningrum Soemadi, Arie Desrianty

Jurusan Teknik Industri
Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: gima.ghimaris@gmail.com

ABSTRAK

Produk rudder tiller adalah salah satu komponen steering gear kapal laut agar nakhoda dapat mengemudikan kapal dengan baik. Selama ini proses produksi tidak cukup baik karena jumlah cacat yang terjadi mencapai 50% dalam satu tahun. Kecacatan produk berupa keretakan di dalam material dan penyimpangan bentuk serta ukuran dimensi gambar produk. Untuk memperbaiki proses produksi perlu mengidentifikasi jenis kegagalan, akibat kegagalan, dan penyebab masalah. Untuk memperbaiki proses produksi rudder tiller digunakan metode FMEA dan FTA. Berdasarkan metode FMEA, proses produksi yang dipilih untuk diperbaiki berdasarkan RPN tertinggi, yaitu proses boring, proses pemotongan besi plat, serta proses pengelasan antara Besi Plat dan SM 400 4 (Plate). Hal ini dilakukan untuk meminimasi produk cacat dan menjaga kepercayaan konsumen terhadap perusahaan.

Kata kunci: FMEA, FTA, risk priority number

ABSTRACT

Product rudder tiller is one component of a ship steering gear so that the captain can steer the ship properly and all this time the production process is not good enough because the number of defects up to 50% in one year. The product defects are cracks in the material, dimensional deviations shape and size product images. To improve the production process need to identify the type of failure mode, cause of failure, and effect of failure. The method used to fix the rudder tiller production process are FMEA and FTA. In the procedure of FMEA method that chosen production process to be repaired based on the highest RPN. From all of the production process which gives the highest value of the cumulative percentage RPN consists of three processes are boring process, cutting iron plate process, and welding process between the iron plate and SM 400 4 (Plate). This is done to minimize product defects and to keep customer trust about the company.

Keywords: FMEA, FTA, RPN

* Makalah ini merupakan ringkasan dari Tugas Akhir yang disusun oleh penulis pertama dengan pembimbingan penulis kedua dan ketiga. Makalah ini merupakan draft awal dan akan disempurnakan oleh para penulis untuk disajikan pada seminar nasional dan/atau jurnal nasional

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT. PINDAD (Persero) Departemen APKL bagian Pemesinan merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi salah satu komponen *steering gear* kapal laut yaitu *rudder tiller*. Produk *rudder tiller* sangat berpengaruh terhadap kelancaran nakhoda dalam mengemudikan kapal. Kualitas produk *rudder tiller* yang baik akan menumbuhkan kepercayaan konsumen. Adanya beberapa faktor produksi yang mempengaruhi kualitas produk diantaranya yaitu *material*, manusia, tenaga kerja, mesin dan proses pembentukan produk. Jenis kegagalan seperti keretakan di dalam material dan penyimpangan bentuk serta ukuran dimensi gambar produk mempengaruhi kepercayaan konsumen terhadap perusahaan yang dapat merugikan perusahaan. Oleh karena itu, untuk memperoleh kepercayaan konsumen terhadap PT. PINDAD (Persero) Departemen APKL bagian Pemesinan perlu melakukan suatu prosedur dalam meminimasi produk cacat.

1.2. Rumusan Masalah

Upaya memperbaiki kualitas proses produksi *rudder tiller* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Kedua metode ini dapat mencegah kegagalan yang terjadi dan mengidentifikasi penyebab kegagalan hingga ke akarnya menggunakan simbol logika sehingga diharapkan dapat mencegah proses produksi yang berakibat merugikan perusahaan.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian di PT. PINDAD (Persero) yaitu menentukan usulan perbaikan produk produksi berdasarkan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

1.4. Pembatasan Masalah

Batasan masalah yang diperlukan dalam penelitian yaitu:

1. Pengambilan data proses pembuatan komponen *rudder tiller* dilakukan pada Departemen APKL PT. PINDAD (Persero).
2. Pengambilan data penelitian berdasarkan data pada tahun 2013 dan 2014.

2. STUDI LITERATUR

2.1. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA adalah sebuah teknik yang digunakan untuk mendefinisikan, mengenali dan mengurangi kegagalan, masalah, kesalahan potensial dari sebuah sistem, desain, proses atau servis sebelum mencapai ke konsumen (Stamatis, 1995).

1. Dasar *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)

FMEA dapat dilakukan dengan cara mengenali dan mengevaluasi kegagalan potensi suatu produk dan efeknya, mengidentifikasi tindakan yang bisa dihilangkan atau dikurangi kesempatan dari kegagalan potensi terjadi, dan pencatatan proses (*document the process*) (Chrysler, 1986).

2. Definisi *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)

Failure modes and effect analysis yaitu metoda yang digunakan untuk mengidentifikasi bentuk kegagalan yang mungkin menyebabkan setiap kegagalan fungsi dan untuk memastikan pengaruh kegagalan berhubungan dengan setiap bentuk kegagalan (Moubray, 1997).

3. Tujuan *Failure Mode And Effect Analysis* (FMEA)

Tujuan yang dapat dicapai oleh perusahaan dengan penerapan FMEA yaitu untuk mengidentifikasi mode kegagalan, akibat kegagalan yang terjadi, dan penyebab kegagalan produk, membantu *engineer* dalam mengurangi kegagalan produk yang terjadi, dan mencegah timbulnya masalah kegagalan produk lainnya (Stamatis, 1995).

2.2. *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) adalah metoda analisis deduktif untuk mengidentifikasi *mode* kegagalan pada *top event* suatu sistem. Sebuah *fault tree* pun mengilustrasikan keadaan komponen-komponen sistem (*basic event*) dan hubungan antara *basic event* dan *top event* menyatakan hubungan tersebut sebagai gerbang logika (Stamatis, 1995).

1. Sejarah *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis (FTA) dikembangkan pada tahun 1961 oleh Bell Telephone Company. Kemudian perusahaan Boeing memodifikasikan konsep tersebut sehingga *Fault Tree Analysis* (FTA) dapat digunakan secara luas oleh berbagai bidang industri (Stamatis, 1995).

2. Konsep *Fault Tree Analysis* (FTA)

Fault Tree Analysis adalah salah satu *tools* yang digunakan untuk menelusuri kesalahan dengan cara menganalisis dari suatu sistem yang lebih menekankan pada "*top-down approach*" karena analisa ini berawal dari sistem *top level* dan meneruskannya ke bawah. (IEC, 2006).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Urutan proses dan langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian adalah sebagai berikut:

1. Rumusan Masalah

Perbaikan kualitas proses produksi *rudder tiller* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA), karena kedua metode ini dapat mencegah kegagalan yang terjadi dan mengidentifikasi penyebab kegagalan hingga ke akarnya menggunakan simbol logika.

2. Studi Literatur

Studi literatur ini berisikan tentang berbagai macam teori yang berhubungan dengan penyebab terjadinya *rework* pada salah satu komponen *steering gear* kapal laut metoda metoda *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

3. Identifikasi Metode Pemecahan Masalah

Kedua metode ini saling berhubungan erat satu sama lain karena konsep FMEA untuk mengidentifikasi kerusakan pada proses yang paling potensial dengan mendeteksi modus, penyebab, efek kerusakan serta menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat kepentingan dari modus kesalahan yang terjadi. Konsep FTA sebagai *tools* untuk mengetahui akar penyebab dari suatu permasalahan yang ada.

4. Pengumpulan Data

Penelitian yang dilakukan membutuhkan beberapa data untuk diidentifikasi secara jelas pada PT. PINDAD (Persero) yaitu jumlah produksi *rudder tiller*, jumlah *rework* yang terjadi saat memproduksi *rudder tiller*, jenis cacat yang terjadi saat memproduksi *rudder tiller* di tahun 2013 dan 2014.

5. Identifikasi Jenis-Jenis Kegagalan (*Failure Mode*)

Proses identifikasi jenis-jenis kegagalan (*failure mode*) diharuskan spesifik mungkin agar jenis-jenis kegagalan yang mempengaruhi kualitas dapat diperbaiki dengan baik.

6. Identifikasi Akibat Dari Kegagalan (*Failure Effect*)
 identifikasi akibat dari kegagalan (*failure effect*) sangat penting untuk diperhatikan karena akibat dari kegagalan akan menghambat faktor-faktor lain yang berhubungan satu sama lainnya.
7. Identifikasi Penyebab Kegagalan (*Cause*)
 Saat identifikasi penyebab kegagalan (*failure causes*) dituntut untuk mencari akar permasalahan kegagalan yang terjadi dalam memproduksi *steering gear* kapal laut salah satunya ialah *rudder tiller*.
8. Menentukan *Severity* dari Mode Kegagalan
Severity merupakan hal untuk mengidentifikasi dampak potensial suatu kegagalan dengan cara meranking kegagalan sesuai dengan akibat yang ditimbulkan. Tingkat pengaruh kegagalan (*severity*) memiliki ranking 1 sampai dengan 10. Untuk Ranking 1 adalah tingkat keseriusan terendah (resiko kecil) dan ranking 10 adalah tingkat keseriusan tertinggi (resiko besar). Terdapat penjelasan *severity* dari mode kegagalan untuk masing-masing ranking yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. *Severity* dari Mode Kegagalan

Efek	Ranking	Kriteria
Tidak ada efek	1	Tidak ada pengaruh terhadap produk.
Efek yang sangat sedikit	2	Pembeli tidak akan terganggu dengan kegagalan yang terjadi dan tidak akan merasakan perubahan dari kinerja produk. Kadang-kadang ada peringatan untuk kesalahan <i>nonvital</i> .
Efek yang sedikit	3	Pembeli sedikit terganggu dan kegagalan sedikit berpengaruh terhadap kinerja produk. Sebagian besar ada peringatan untuk kesalahan <i>nonvital</i> .
Efek yang kecil	4	Pembeli sedikit terganggu dan kegagalan sedikit berpengaruh terhadap kinerja produk. Kegagalan yang terjadi tidak memerlukan <i>rework</i> dan selalu ada peringatan untuk kesalahan <i>nonvital</i> .
Efek yang tinggi	5	Pembeli akan merasa tidak puas dan kegagalan sedikit berpengaruh terhadap kinerja produk. Kegagalan pada bagian <i>nonvital</i> produk akan mengalami <i>rework</i> .
Efek yang signifikan	6	Pembeli merasa tidak nyaman dan kegagalan yang terjadi dapat menurunkan kinerja produk, tetapi masih bisa dioperasikan dan aman. Bagian <i>nonvital</i> produk tidak dapat dipakai.
Efek yang besar	7	Pembeli tidak puas dan kegagalan mempengaruhi proses. <i>Rework</i> dilakukan pada bagian yang cacat. Kinerja produk memburuk tetapi masih berfungsi dan aman.
Efek yang ekstrim	8	Pembeli sangat tidak puas dan kegagalan yang terjadi sangat mempengaruhi proses. Peralatan rusak dan produk tidak dapat beroperasi.
Efek yang serius	9	Kemungkinan besar berbahaya. Produk dapat dihentikan. Kegagalan dapat mempengaruhi keamanan operasional produk atau tidak sesuai dengan peraturan. Kegagalan akan terjadi dengan didahului peringatan.
Efek yang berbahaya	10	Sangat berbahaya dan keamanan sangat berhubungan dengan kegagalan yang terjadi. Bertentangan dengan hukum.

9. Menentukan Frekuensi Kejadian Probabilitas Kegagalan (*Occurance*)
Occurance merupakan kemungkinan bahwa penyebab tersebut dapat terjadi dan menghasilkan bentuk kegagalan selama masa penggunaan produk. Penentuan ranking *occurance* adanya ranking 1-10. Untuk ranking 1 adalah tingkat kejadian rendah (tidak sering) dan ranking 10 adalah tingkat kejadian tinggi (sering). Penjelasan frekuensi kegagalan (*Occurance*) untuk masing-masing ranking dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Panduan Tingkat Occurance

Deteksi	Ranking	Kriteria	CNF/1000
Hampir tidak pernah	1	Kegagalan tidak mungkin terjadi. Tidak ada sejarah kegagalan (cacat).	<.00058
Kecil	2	Jumlah kegagalan jarang terjadi.	.0063
Sangat sedikit	3	Sangat sedikit kegagalan yang terjadi.	.0068
Sedikit	4	Sedikit kegagalan yang terjadi.	.46
Rendah	5	Sesekali kegagalan terjadi.	2.7
Medium	6	Jumlah kegagalan yang sedang.	12.4
Cukup tinggi	7	Sering kali jumlah kegagalan tinggi.	46
Tinggi	8	Jumlah kegagalan tinggi.	134
Sangat tinggi	9	Jumlah kegagalan sangat tinggi.	316
Hampir pasti	10	Kegagalan hampir pasti terjadi. Kegagalan berada pada kesamaan desain.	>316

10. Mengidentifikasi Metode Deteksi Untuk Mencegah Kegagalan (*Detection Method*)
Detection method adalah sebuah cara (prosedur), tes, atau analisis untuk mencegah kegagalan pada *service*, proses, atau pelanggan. Dalam menentukan ranking *Detection* adanya ranking 1-10. Untuk ranking 1 adalah tingkat pengontrolan yang dapat mendeteksi kegagalan (selalu dapat) dan ranking 10 adalah tingkat pengontrolan yang tidak dapat mendeteksi kegagalan. Terdapat penilaian tingkat pendeteksian yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penilaian Tingkat Pendeteksian

Deteksi	Ranking	Kriteria
Hampir tidak pernah	1	Pengontrolan yang dilakukan selalu dapat mendeteksi kegagalan.
Kecil	2	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan sangat tinggi dapat mendeteksi kegagalan.
Sangat sedikit	3	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan dapat mendeteksi kegagalan.
Sedikit	4	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan sedang dapat mendeteksi kegagalan.
Rendah	5	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan kecil dapat menemukan kegagalan.
Medium	6	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan sangat kecil dapat mendeteksi kegagalan.
Cukup tinggi	7	Pengontrolan yang dilakukan sedikit dapat mendeteksi kegagalan.
Tinggi	8	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan sangat sedikit dapat mendeteksi kegagalan.
Sangat tinggi	9	Pengontrolan yang dilakukan kemungkinan hampir tidak dapat mendeteksi kegagalan.
Hampir pasti	10	Pengontrolan tidak dapat mendeteksi kegagalan.

11. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN)
RPN atau angka prioritas resiko merupakan produk matematis dari keseriusan *effects* (*Severity*), kemungkinan terjadinya *cause* akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects* (*Occurance*), dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*Detection*). Persamaan RPN ditunjukkan dengan persamaan berikut ini:

$$RPN = (severity\ rating) \times (frequency\ rating) \times (probabilitas\ of\ detection\ rating) \quad (1)$$

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

12. Analisis Terjadinya *Rework* dengan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA)
Analisis ini dilakukan untuk mengetahui penyebab kegagalan produk dalam mengurangi terjadinya *rework* akibat adanya beberapa kesalahan dari beberapa faktor.
13. Usulan Perbaikan Kualitas
Usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk memperbaiki pengendalian kualitas dalam mengurangi *rework* pada produk *rudder tiller* yang membandingkan implementasi secara ideal dengan implementasi yang dilakukan perusahaan saat ini.
14. Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) Terbaru
Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) terbaru diperlukan untuk mengetahui bobot prioritas yang paling tinggi karena tingginya bobot prioritas menentukan perhatian yang lebih dalam mengenai pengontrolan dan perbaikan.
15. Kesimpulan dan Saran
Kesimpulan didapatkan dari hasil analisis dan usulan perbaikan terhadap suatu masalah dan saran yang dilakukan oleh peneliti untuk memberikan masukan dari hasil penelitian pada perusahaan.

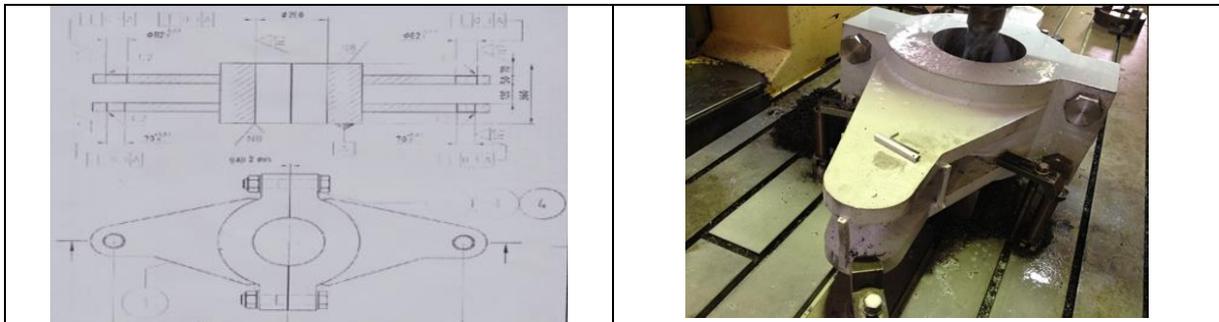
4. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data terdiri dari gambar produk, elemen proses, peta proses operasi, jumlah produksi komponen *rudder tiller*, jumlah *rework* yang terjadi saat memproduksi *rudder tiller*, jenis cacat yang terjadi saat memproduksi *rudder tiller*, mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan (*failure mode*) dan akibat dari kegagalan (*failure effect*), serta mengidentifikasi penyebab kegagalan (*cause*).

1. Gambar Produk

Perancangan produk dan produk jadi *rudder tiller* yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perancangan Produk dan Produk Jadi *Rudder Tiller*

2. Elemen Proses

Elemen proses yang ditampilkan untuk mendapatkan perhitungan pada waktu penyelesaian setiap proses pemesinan *facing*, *boring*, *drilling*, *pocketing*, *boring* (*finishing*), dan pemotongan Besi Plat seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Waktu Penyelesaian Setiap Proses Pemesinan

No.	Proses	Waktu Penyelesaian (menit)
1.	<i>Facing</i>	82,08
2.	<i>Boring</i>	316
3.	<i>Drilling</i>	40
4.	<i>Milling Pocketing (Semi Roughing)</i>	52,55
5.	<i>Boring (Finishing Boring)</i>	3
6.	Pemotongan Besi Plat	40

3. Proses Operasi

Proses operasi komponen *rudder tiller* terdiri dari komponen SM 400 A (*Plate*) dan Besi Plat. Pada komponen SM 400 A (*Plate*) terdiri dari pemeriksaan, proses *facing, boring, drilling, pocketing, boring*, pemeriksaan. Untuk komponen Besi Plat terdiri dari pemeriksaan dan proses pemotongan. Kemudian komponen Besi Plat dirakit pada komponen SM 400 A (*Plate*) yang dilanjutkan dengan adanya proses pengelasan dan pemeriksaan. Hasil waktu proses sebesar 1393,58 menit.

4. Jumlah Produksi *Rudder Tiller*

Jumlah produksi *rudder tiller* untuk Tahun 2013 dan 2014 dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah Produksi *Rudder Tiller* Tahun 2013 dan 2014

No.	Tahun	Jumlah Produk (Unit)
1.	2013	3
2.	2014	4

Sumber : PT. PINDAD (Persero) Departemen APKL Bagian Pemesinan

5. Jumlah *Rework* yang Terjadi Saat Memproduksi *Rudder Tiller*

Terdapat jumlah *rework* yang terjadi saat memproduksi komponen *rudder tiller* menurut Departemen APKL di bagian Pemesinan yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Jumlah *Rework Rudder Tiller* Tahun 2013 dan 2014

No.	Tahun	Jumlah Produk (Unit)
1.	2013	1
2.	2014	2

Sumber : PT. PINDAD (Persero) Departemen APKL Bagian Pemesinan

6. Jenis Cacat yang Terjadi Saat Memproduksi *Rudder Tiller*

Dari hasil yang didapatkan pada perusahaan PT. PINDAD (Persero) Bandung di Departemen APKL bagian Pemesinan bahwa biasanya jenis cacat yang terjadi saat memproduksi komponen *rudder tiller* adalah keretakan pada *material* dan penyimpangan bentuk ukuran yang tidak sesuai spesifikasi dimensi gambar produk.

7. Jenis-Jenis Kegagalan (*Failure Mode*) dan Akibat dari Kegagalan (*Failure Effect*)

Identifikasi jenis-jenis kegagalan (*failure mode*) dan akibat dari kegagalan (*failure effect*) yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Identifikasi Jenis-jenis Kegagalan (*Failure Mode*) dan Akibat dari Kegagalan (*Failure Effect*)

No.	Proses	Identifikasi Jenis-Jenis Kegagalan (<i>Failure Mode</i>)	Identifikasi Akibat dari Kegagalan (<i>Failure Effect</i>)
1.	Proses <i>Boring</i>	Kecepatan pemakanan yang terlalu besar dengan menggunakan diameter pahat 80.	Keretakan di dalam <i>material</i> SM 400 A.
		Keausan pahat.	Penyimpangan bentuk ukuran yang tidak sesuai spesifikasi dan dimensi gambar produk.
2.	Proses pemotongan Besi Plat	Pemotongan Besi Plat menggunakan mesin <i>flame cutting</i> yang dilakukan oleh operator tidak presisi.	Besi Plat tidak sesuai dengan dimensi gambar produk.
3.	Proses pengelasan antara Besi Plat dan SM 400 A (<i>Plate</i>)	Jenis kawat <i>electrode</i> tidak sesuai <i>spec.</i>	Keretakan pada hasil pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding (GMAW)</i> .
			Terjadinya porositas pada hasil pengelasan.

8. Mengidentifikasi Penyebab Kegagalan (*Causes*)

Salah satu penyebab kegagalan (*causes*) keretakan di proses *boring* karena adanya fenomena segregasi pada *material*.

4.2. Pengolahan Data

Penentuan *severity*, *occurance*, serta *detection method*, dan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) adalah sebagai berikut.

1. Menentukan *Severity* dari *Mode* Kegagalan

Rating severity untuk menentukan nilai sesuai kejadian kegagalan terjadi dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rating Severity

Potential Failure Effect	Potential Cause(s) of Failure	Severity Rating (S)
Keretakan di dalam <i>material</i> SM 400 A.	Adanya fenomena segregasi pada <i>material</i> .	3
Penyimpangan bentuk ukuran yang tidak sesuai spesifikasi dan dimensi gambar produk.	Filter mesin kotor pada mesin CNC <i>milling</i>	3
	Kurangnya pemberian <i>coolant</i>	
	Kurangnya pemberian oli	
Besi Plat yang tidak sesuai dengan dimensi gambar produk.	Kurangnya ketelitian operator dalam <i>setting</i> pemotongan Besi Plat terhadap dimensi gambar produk.	4
Keretakan hasil pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i>	Hasil pengelasan <i>welder</i> tidak sesuai dengan <i>Welding Procedur Specification</i>	3
Terjadinya porositas	Kurangnya konsentrasi pada <i>welder</i>	3

2. Menentukan Frekuensi Kejadian Probabilitas Kegagalan (*Occurance*)

Hasil nilai *occurance* yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Rating Occurance

Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure	Occurance Rating (O)
Kecepatan pemakanan yang terlalu besar dengan menggunakan diameter pahat 80.	Adanya fenomena segregasi pada <i>material</i> .	2
Keausan pahat.	Filter mesin kotor setiap hari	2
	Kurangnya pemberian <i>coolant</i>	2
	Kurangnya pemberian oli	2
Pemotongan Besi Plat yang dilakukan oleh operator tidak presisi.	Kurangnya ketelitian operator dalam <i>setting</i> pemotongan Besi Plat terhadap dimensi gambar produk.	2
Jenis kawat <i>electrode</i> tidak sesuai <i>spec.</i>	Hasil pengelasan yang dilakukan oleh <i>welder</i> tidak sesuai dengan <i>Welding Procedur Specification</i> (WPS).	2
	Kurangnya konsentrasi pada <i>welder</i> yang dipengaruhi oleh faktor psikologis.	2

3. Mengidentifikasi Metode Deteksi Untuk Mencegah Kegagalan (*Detection Method*)

Langkah untuk mencegah kegagalan yang dilakukan oleh perusahaan dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Langkah Mencegah Kegagalan

Proses	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure	Detection Method
Proses <i>Boring</i>	Kecepatan pemakanan yang terlalu besar dengan menggunakan diameter pahat 80.	Adanya fenomena segregasi pada <i>material</i> .	Adanya <i>destructive test</i> (dt) menggunakan uji tarik.
Proses <i>Boring</i>	Keausan pahat.	Filter mesin kotor setiap hari	Adanya pemberian <i>maintenance</i> mesin CNC <i>milling</i> setiap hari.
		Kurangnya pemberian <i>coolant</i>	
		Kurangnya pemberian oli	
Proses Pemotongan Besi Plat	Pemotongan plat besi tidak presisi.	Kurangnya ketelitian operator	Adanya pengecekan ulang <i>setting</i> pemotongan Besi plat.
Proses Pengelasan antara Besi Plat dan SM 400 A (<i>Plate</i>)	Jenis kawat <i>electrode</i> tidak sesuai <i>spec</i> .	Hasil pengelasan tidak sesuai dengan <i>Welding Procedur Specification</i> .	Adanya <i>nondestructive test</i> (ndt) menggunakan <i>penetrant test</i> .
Proses Pengelasan antara Besi Plat dan SM 400 A (<i>Plate</i>)	Jenis kawat <i>electrode</i> tidak sesuai <i>spec</i> .	Kurangnya konsentrasi pada <i>welder</i> yang dipengaruhi oleh faktor psikologis.	Adanya <i>smoking time</i> dan <i>coffee break time</i> selama 15 menit bagi <i>welder</i> .

4. Menentukan Nilai Deteksi (*Detection*)

Hasil nilai *detection* yang dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Rating Detection

Proses	Potential Failure Mode	Potential Cause(s) of Failure	Detection Method	Detection Rating (D)
Proses <i>Boring</i>	Kecepatan pemakanan yang terlalu besar dengan menggunakan diameter pahat 80.	Adanya fenomena segregasi pada <i>material</i> .	Adanya <i>destructive test</i> (dt) menggunakan uji tarik	2
	Keausan pahat.	Filter kotor setiap hari	Adanya pemberian <i>maintenance</i> mesin CNC <i>milling</i>	2
		Kurangnya pemberian <i>coolant</i>		
	Kurangnya pemberian oli			
Proses Pemotongan Besi Plat	Pemotongan Besi Plat menggunakan mesin <i>flame cutting</i> yang dilakukan oleh operator tidak presisi.	Kurangnya ketelitian operator dalam <i>setting</i> pemotongan Besi Plat terhadap dimensi gambar produk.	Adanya pengecekan ulang <i>setting</i> pemotongan Besi Plat.	2

5. Menghitung *Risk Priority Number* (RPN)

Adapun salah satu rekapitulasi nilai RPN pada proses *boring* tersebut pada rekapitulasi RPN yang dapat dilihat Tabel 12.

Tabel 12. Risk Priority Number (RPN)

Potential Effect(s) of Failure	Severity Rating (S)	Occurance Rating (O)	Detection Rating (D)	RPN
Keretakan di dalam <i>material</i> SM 400 A.	3	2	2	12

5. ANALISIS

5.1. Pareto Chart

Hasil perhitungan persentase untuk jenis kecacatan *rudder tiller* berdasarkan nilai persentase kumulatif *Risk Priority Number* (RPN) yang menegaskan bahwa masalah yang dapat dilihat akar penyebabnya hanya pada nilai persentase kumulatif *Risk Priority Number* (RPN) maksimal sebesar 80%.

5.2. Analisis Terjadinya Rework Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (FTA)

Dalam meminimasi kecacatan produk, penyebab masalah hingga ke akarnya dapat diketahui secara jelas menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

5.3. Usulan Perbaikan Kualitas

Salah satu usulan perbaikan kualitas yang diambil berdasarkan hasil *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk meminimasi *reject* produk *rudder tiller* pada Tabel 13.

Tabel 13. Usulan Perbaikan Kualitas

No.	Akar Penyebab Masalah	Ideal	Implementasi
1.	Tidak meratanya pengadukan unsur kimia pada proses tempa dan cor.	<ul style="list-style-type: none"> Adanya prosedur pengadukan unsur kimia yang benar agar adanya sifat kehomogenan unsur kimia yang diberikan. Uji mutu <i>material</i> dari hasil proses tempa dan cor. 	<ul style="list-style-type: none"> Uji mutu <i>material</i> dari hasil proses tempa dan cor.

5.4. Analisis Perhitungan Risk Priority Number (RPN) Terbaru

Sesudah dilakukannya hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) Terbaru, adanya rencana tindakan perbaikan yang dapat dilakukan perusahaan dan diberikan bobot prioritas dari nilai RPN tertinggi ke nilai RPN terendah. Untuk salah satu rencana tindakan perbaikan tersebut dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Rencana Tindakan Perbaikan

Potential Cause(s) of Failure	RPN Lama	RPN Terbaru	Bobot Prioritas	Tindakan Perbaikan
Pendinginan hasil pengelasan terlalu cepat	12	12	1	<ul style="list-style-type: none"> Pengawasan dalam melakukan <i>preheating</i> sebelum melakukan proses pengelasan. Pengawasan dalam melakukan <i>Post Weld Heat Treatment</i> (PWHT) sesudah dilakukan proses pengelasan untuk menghilangkan tegangan sisa pada <i>material</i>.
Tidak meratanya pengadukan unsur kimia pada proses tempa dan cor.	12	12	2	<ul style="list-style-type: none"> Adanya prosedur pengadukan unsur kimia yang benar agar adanya sifat kehomogenan unsur kimia yang diberikan.

Tabel 14. Rencana Tindakan Perbaikan (lanjutan)

Potential Cause(s) of Failure	RPN Lama	RPN Terbaru	Bobot Prioritas	Tindakan Perbaikan
Kurangnya pengalaman operator dalam pemotongan Besi Plat	16	8	3	<ul style="list-style-type: none"> • Pelatihan pemotongan Besi Plat selama tiga bulan khususnya untuk operator junior.
Daya ingat jangka pendek <i>welder</i> terhadap <i>Welding Procedur Specification</i>	18	6	4	<ul style="list-style-type: none"> • Adanya <i>briefing time</i> untuk membaca bersama dalam mengingat <i>Welding Procedur Specification</i> (WPS).
Efek kelelahan kerja <i>welder</i> dalam melakukan pengelasan <i>Gas Metal Arc Welding</i> .	18	6	5	<ul style="list-style-type: none"> • Peraturan kebijakan profesionalisme <i>welder</i> diperketat.
Penumpukan <i>chip</i> halus pada tangki <i>coolant</i> .	12	6	6	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaikan penyaringan <i>coolant</i> dari geram. • Pengadaan mesin CNC <i>milling</i> terbaru.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian yaitu:

1. Hasil *Pareto chart* terhadap nilai persentase kumulatif RPN menunjukkan bahwa adanya 80% masalah yang dapat dilihat akar penyebabnya pada proses *boring*, proses pemotongan Besi Plat, serta proses pengelasan antara Besi Plat dan SM 400 4 (*Plate*).
2. Akar penyebab masalah untuk usulan perbaikan kualitas proses produksi *rudder tiller* adalah pendinginan hasil pengelasan terlalu cepat sehingga adanya tegangan sisa pada *material*, tidak meratanya pengadukan unsur kimia pada proses tempa dan cor, kurangnya pengalaman operator dalam pemotongan Besi Plat menggunakan Mesin *Flame Cutting*, daya ingat jangka pendek *welder* terhadap *Welding Procedur Specification* (WPS), efek kelelahan kerja yang dirasakan oleh *welder* dalam melakukan pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW), penumpukan chip halus pada tangki *coolant*.
3. Hasil dari penelitian total *Risk Priority Number* (RPN) semula sebesar 88 akan turun sebesar 50 jika adanya rencana tindakan perbaikan.

6.2. Saran

Saran yang dapat direkomendasikan untuk perusahaan yaitu:

1. PT. PINDAD (Persero) Departemen APKL bagian Pemesinan sebaiknya dapat menerapkan usulan perbaikan kualitas dalam mengatasi kegagalan untuk mengurangi *rework* pada produk *rudder tiller* berdasarkan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).
2. PT. PINDAD (Persero) Departemen APKL bagian Pemesinan sebaiknya menerapkan pula metode *Fault Tree Analysis* (FTA) sebagai salah satu *tools* untuk mengetahui akar penyebab masalah secara jelas dengan menggunakan diagram pohon dan standar logika yang dapat mempermudah perusahaan untuk melihat akar penyebab masalah tersebut.

REFERENSI

Chrysler Motors. (1986). *Design Feasibility and Reliability Assurance*. In FMEA. Highland Park, Mich : Chrysler Motors Engineering Office.

IEC. (2006). International Standard. *Fault Tree Analysis*, Second Edition, pp. 80-87.

Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance (RMC) II*. Second Edition. Industrial Press Inc. New York.

Stamatis, D. H. (1995). *Failure Mode and Effect Analysis Fmea from Theory to Execution*. ASQC. United States America.