

Identifikasi Penyebab Terjadinya Kecacatan pada Produk Induktor Toroidal dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis (FTA)* di CV. Cipta Karya Mandiri

Siti Rohmah Fauziah*, Puti Renosori, Selamat

Prodi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

*Sitirohmahfauziah.99@gmail.com, putirenosori@yahoo.co.id, 1203selamat@gmail.com

Abstract. CV. Cipta Karya Mandiri is a company engaged in the manufacture of electronic device spare parts in the form of toroidal inductors. Based on the results of the study, in 2020 the company experienced a significant increase in demand compared to 2019. However, it turns out that there is a problem at the company, namely an increase in the percentage of toroidal inductor defects. This shows that the company's efforts to reduce product defects are still not optimal. So that the company needs to know the cause of disability as effort to reduce and eliminate defects that occur. The purpose of this study is to identify the causes of defective toroidal inductor products. The method used to reduce or even eliminate toroidal inductor product defects is by using the Fault Tree Analysis (FTA) method. The process of identifying the causes of failure is carried out on five types of defects which are included in 80% of the cumulative defects on the Pareto diagram. As for what is included in the 80% cumulative Pareto diagram defects consist of loose winding defects, bad windings, bonding overs, red pins, and wound wires. The results of the identification of the causes of defects from the five types of defects using fault tree analysis (FTA), namely the factors that cause defects to consist of human or worker factors, machine factors, and tools used during the production process.

Keywords: *Defect, Toroidal Inductor, Fault Tree Analysis (FTA).*

Abstrak. CV. Cipta Karya Mandiri merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembuatan sparepart alat elektronik berupa induktor toroidal. Berdasarkan hasil penelitian, pada tahun 2020 perusahaan mengalami peningkatan permintaan yang cukup signifikan dibandingkan dengan tahun 2019. Namun, ternyata terdapat permasalahan di perusahaan yaitu berupa terjadinya peningkatan persentase kecacatan induktor toroidal. Hal ini menunjukkan bahwa upaya perusahaan dalam mengurangi kecacatan produk masih belum optimal. Sehingga perusahaan perlu mengetahui penyebab kecacatan sebagai upaya untuk mengurangi serta menghilangkan kecacatan yang terjadi. Tujuan penelitian ini yaitu melakukan identifikasi terhadap penyebab terjadinya produk cacat induktor toroidal. Metode yang digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kecacatan profuk induktor toroidal yaitu dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA). Proses identifikasi penyebab terjadinya kegagalan dilakukan terhadap lima jenis kecacatan yang termasuk dalam 80% kumulatif cacat pada diagram pareto. Adapun yang termasuk kedalam 80% kumulatif cacat diagram pareto terdiri dari jenis cacat winding kendor, winding jelek, bonding over, pin merah dan wire luka. Hasil identifikasi penyebab kecacatan dari kelima jenis cacat tersebut dengan menggunakan analisis pohon kesalahan (FTA) yaitu faktor penyebab terjadinya cacat terdiri dari faktor manusia atau pekerja, faktor mesin serta alat yang digunakan selama proses produksi.

Kata Kunci: *Kecacatan, Induktor Toroidal, Fault Tree Analysis (FTA).*

A. Pendahuluan

CV. Cipta Karya Mandiri adalah perusahaan yang bergerak dibidang produksi sparepart alat elektronik yaitu induktor toroidal. Induktor merupakan sebuah perangkat pasif elektronik yang bisa menyimpan energi didalam medan magnet yang bersumber dari arus listrik yang berfungsi untuk menyaring frekuensi tertentu, menjaga arus bolak-balik (AC), memindahkan arus searah (DC), menghasilkan getaran dan menambah tegangan (Rasyid, 2021). Induktor toroidal merupakan induktor dengan inti yang berbentuk O Ring atau donat dengan lilitan yang melingkar pada setiap sisinya. Induktor Toroidal biasa digunakan sebagai sparepart alat elektronik berupa radio, speaker, motor listrik, microphone dan lain-lain. Sedangkan induktor toroidal yang diproduksi oleh perusahaan biasanya digunakan pada TV, VCR, peralatan audio dan juga biasanya digunakan untuk sensor mobil.

Hasil wawancara dengan pimpinan perusahaan yaitu pada proses produksi induktor toroidal masih terdapat banyaknya produk cacat yang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Produk cacat merupakan ketidaksesuaian antara suatu produk dengan karakteristik kualitas dari tingkat keparahan yang cukup besar sehingga menyebabkan produk tidak memenuhi standar yang ditetapkan (Pyzdek & Keller, 2013). Banyaknya jumlah produk cacat tentu sangat merugikan perusahaan, selain perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan untuk pengolahan produk rework, citra serta kepercayaan customer terhadap perusahaan akan menurun seiring dengan banyaknya produk cacat yang diterima oleh pihak customer. Terlebih lagi, pada bulan Desember Tahun 2020 terjadi pengembalian produk yang dilakukan oleh customer karena terdapat banyaknya produk cacat yang sampai pada customer karena lolos dari bagian visual perusahaan.

Pada Tahun 2019 persentase produk cacat tertinggi terjadi pada bulan Agustus yaitu hampir mencapai 1,5% kecacatan. Sedangkan pada Tahun 2020 terjadi kenaikan persentase cacat dibandingkan dengan Tahun 2019. Kecacatan terbesar terjadi pada bulan Desember Tahun 2020 yaitu dengan kecacatan hampir mendekati 3%. Hal tersebut menyebabkan perusahaan perlu mengidentifikasi penyebab terjadinya kecacatan sebagai upaya untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kecacatan tersebut serta menjaga kualitas produk yang dihasilkan. Kualitas merupakan totalitas fitur serta karakteristik produk atau jasa yang didasarkan pada kemampuan untuk memenuhi kebutuhan (Heizer & Render, 2016). Maka, untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan kecacatan sebagai upaya untuk menjaga kualitas produk diperlukan metode perbaikan untuk mengidentifikasi penyebab kecacatan itu terjadi. Salah satu metode yang bisa digunakan untuk mengurangi kecacatan atau bahkan menghilangkannya yaitu dengan menggunakan metode Fault Tree Analysis (FTA).

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan diagram yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi permasalahan yang bersumber dari gejala akar penyebabnya (Pyzdek, 2003). Sedangkan menurut Tague (2005) *Fault Tree Analysis* (FTA) menggunakan diagram pohon kesalahan dari suatu proses, produk ataupun sistem untuk mengidentifikasi kegagalan yang dapat dilakukan sebagai usaha untuk mengurangi serta menghilangkan kegagalan. FTA dikembangkan dengan menekankan pada setiap mode kegagalan tingkat atas serta penyebabnya, dan untuk masing-masing penyebabnya diselidiki lebih lanjut (Blanchard & Blyler, 2016).

Pada proses pembuatannya, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan agar FTA terbentuk menjadi sebuah pohon kesalahan. Menurut Blanchard & Blyler (2016) secara umum, FTA mengikuti langkah-langkah berikut:

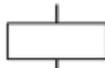
1. Tentukan kejadian utama/teratas (top event), yang merupakan kondisi kegagalan yang akan diteliti.
2. Membuat pohon kesalahan. Setelah dilakukan penentuan kejadian utama, maka langkah selanjutnya yaitu membuat hirarki awal untuk membuat pohon kesalahan. Dalam membuat pohon kesalahan, semua hal harus dipertimbangkan.

3. Lakukan analisis pohon kesalahan yang telah dibuat.
4. FTA memiliki beberapa simbol standar dengan arti yang berbeda-beda yang digunakan untuk mengembangkan pohon kesalahan. Simbol ini mewakili hirarki dan interkoneksi yang terkait dengan peristiwa atau tingkat tertentu. Tabel 1. merupakan tabel simbol gate FTA beserta keterangan istilah dari masing-masing simbolnya dan Tabel 2. merupakan gambaran simbol event FTA beserta keterangannya (Blanchard & Blyler, 2016).

Tabel 1. Simbol Gate FTA

Simbol Gate	Nama	Output event terjadi jika	Untuk mengurangi risiko secara efisien
	<i>And Gate</i>	Semua <i>input event</i> terjadi pada waktu yang sama	Hilangkan setidaknya satu peristiwa masukan, dan kegagalan dapat dicegah.
	<i>Or Gate</i>	Salah satu <i>input event</i> terjadi.	Hilangkan sebanyak mungkin <i>input event</i> , dimulai dengan peristiwa yang paling mungkin terjadi; masing-masing mengurangi risiko.
	<i>Ordered And gate</i>	salah satu <i>input event</i> terjadi secara berurutan dari kiri ke kanan	Hilangkan setidaknya satu <i>input event</i> atau ubah urutan terjadinya, dan kegagalan dapat dicegah
	<i>Exclusive Or gate</i>	Hanya terjadi <i>input event</i> masukan, tidak lebih dari satu.	Hilangkan sebanyak mungkin <i>input event</i> , dimulai dengan peristiwa yang paling mungkin terjadi; masing-masing mengurangi risiko. Atau pastikan bahwa lebih dari satu peristiwa terjadi, dan kegagalan dicegah

Tabel 2. Simbol Event FTA

Simbol Event	Nama	Keterangan
	<i>Top Event</i>	Melambangkan kejadian tingkat atas atau selalu muncul di bagian atas dari pohon kesalahan.
	<i>Event</i>	Mewakili peristiwa kesalahan menengah, selalu muncul dimana saja di pohon kesalahan ini kecuali pada tingkat terendah dalam pohon kesalahan.
	<i>Basic Event</i>	Mewakili peristiwa kegagalan tingkat terendah atau biasa disebut dengan dasar peristiwa. Cenderung muncul pada tingkat terendah pada pohon kesalahan.
	<i>Undeveloped Event</i>	<i>Event</i> yang tidak akan dianalisis menjadi penyebab karena informasi yang tidak mencukupi atau tidak penting.
	<i>Switch or house</i>	<i>Input event</i> yang terjadi atau tidak terjadi / terkendali (<i>signal</i>) kejadian ini dapat menyebabkan masalah.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Identifikasi Mode Kegagalan

Mode kegagalan untuk produk induktor toroidal ini terdiri dari mode kegagalan atau jenis kecacatan *winding* kendur, *winding* jelek, *bonding over*, pin merah, *wire* luka, pin miring, *base* miring, pin pendek, *bonding* gosong, dan *core* cacat. Selanjutnya dilakukan identifikasi mode kegagalan dominan untuk mengetahui mode kegagalan apa yang sering terjadi selama proses produksi toroidal yang tersedia pada Tabel 3.

Tabel 3. Identifikasi Kecacatan Produk Induktor Toroidal

Jenis Cacat	Jumlah Cacat (pcs)	Persentase Cacat	Persentase Kumulatif Cacat
<i>Winding</i> Kendur	5833	39,5%	39,5%
<i>Winding</i> Jelek	3558	24,1%	63,6%
<i>Bonding Over</i>	1326	9,0%	72,6%
Pin Merah	971	6,6%	79,2%
<i>Wire</i> Luka	730	4,9%	84,1%
Pin Miring	686	4,6%	88,8%
<i>Base</i> Miring	682	4,6%	93,4%
Pin Pendek	331	2,2%	95,7%
<i>Bonding</i> Gosong	326	2,2%	97,9%
<i>Core</i> Cacat	315	2,1%	100,0%
Total	14758	100%	

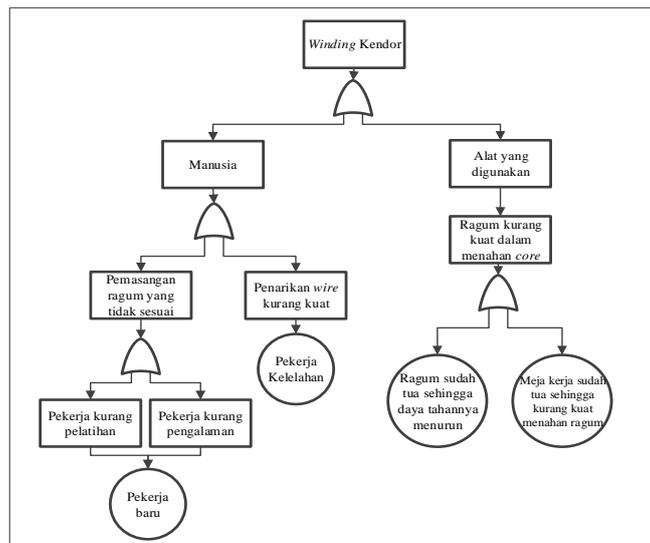
Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa mode kegagalan atau jenis cacat yang termasuk ke dalam 80% kumulasi persentase cacat yaitu *winding* kendur dan *winding* jelek, *bonding over*, pin merah dan *wire* luka. Sehingga fokus utama dalam perbaikan kualitas toroidal ini yaitu pada jenis cacat *winding* kendur, *winding* jelek, *bonding over*, pin merah dan *wire* luka berdasarkan prinsip 80:20 dalam diagram pareto. Aturan diagram pareto 80:20 yang menyatakan bahwa 80% masalah (ketidak sesuaian atau cacat) berasal dari 20% penyebab (Mitra, 2016).

Identifikasi Penyebab Kegagalan

Setelah kecacatan dominan diketahui berdasarkan hasil pengolahan data menggunakan diagram pareto, maka selanjutnya dilakukan analisa penyebab kegagalan menggunakan FTA. Berdasarkan kecacatan dominan tersebut dibuatkan diagram pohon kesalahan untuk jenis cacat *winding* kendur, jenis cacat *winding* jelek, *bonding over*, pin merah dan *wire* luka. FTA untuk masing-masing jenis kecacatan dapat dilihat pada Gambar 1, Gambar 2, Gambar 3, Gambar 4 serta Gambar 5.

1. FTA *Winding* Kendur

Winding kendur merupakan jenis cacat pada toroidal berupa hasil lilitan *wire* yang tidak kuat sehingga tidak menempel terhadap *core* atau masih adanya jarak antara lilitan *wire* dan *core*. Adapun gambaran *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk jenis cacat *winding* kendur dapat dilihat pada Gambar 1.

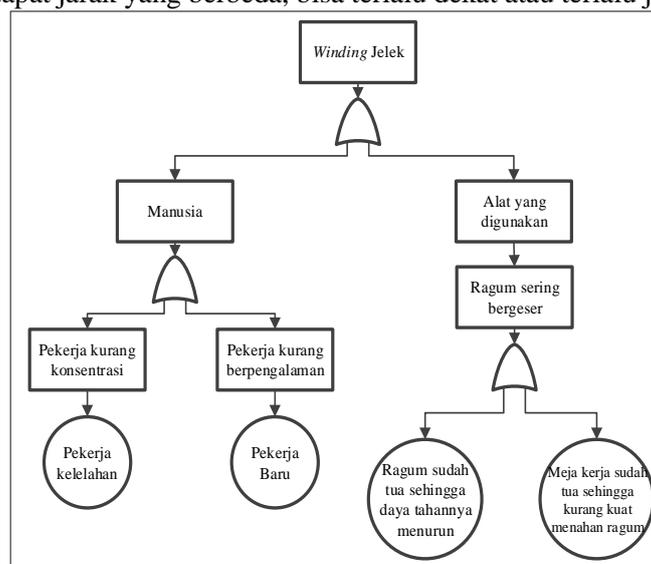


Gambar 1. FTA Winding Kendor

Pada diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) Gambar 1. menunjukkan penyebab terjadi cacat *winding kendor* di CV. Cipta Karya Mandiri bisa disebabkan oleh 2 faktor utama yaitu manusia atau alat yang digunakan. Manusia merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam menyebabkan terjadinya cacat *winding kendor* pada toroidal, karena proses *winding* dilakukan secara manual oleh manusia. Selain manusia, alat yang digunakan juga memiliki peran penting dalam proses *winding*, karena alat yang digunakan ini merupakan penunjang manusia dalam melakukan pekerjaannya yaitu melilit *wire* pada *core*. Pada proses *winding* ini alat yang digunakan yaitu berupa ragum yang berfungsi sebagai penahan *core* pada saat *wire* dililitkan. Proses *winding* ini dilakukan diatas meja kerja, ragum yang akan digunakan di tempelkan ke ujung meja agar ragum dapat digunakan.

2. FTA *Winding Jelek*

Jenis cacat *winding jelek* merupakan ketidaksesuaian hasil lilitan pada *core*. Produk toroidal dikategorikan cacat *winding jelek* karena hasil lilitan antar satu dengan yang lainnya terdapat jarak yang berbeda, bisa terlalu dekat atau terlalu jauh.

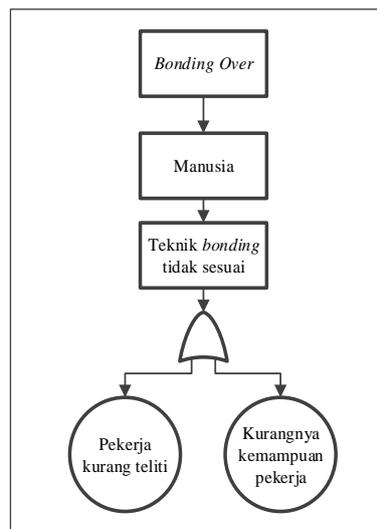


Gambar 2. FTA *Winding Jelek*

Faktor yang menjadi penyebab terjadinya cacat *winding* jelek terdiri dari faktor manusia atau alat yang digunakan berdasarkan Gambar 2. Manusia menjadi faktor utama penyebab terjadinya cacat *winding* jelek karena cacat *winding* jelek ini merupakan jenis cacat yang terjadi karena hasil lilitan yang tidak sempurna (jarak antara lilitan satu dengan yang lainnya berbeda) disebabkan oleh hasil tangan manusia. Selain itu alat yang digunakan juga menjadi penyebab terjadinya *winding* jelek. Alat yang digunakan untuk melakukan proses *winding* yaitu ragum juga dapat menyebabkan terjadinya cacat *winding* jelek. Ragum yang tidak kuat dan sering bergeser dapat menyebabkan hasil lilitan tidak sempurna (jelek). Selain itu proses *winding* juga dilakukan diatas meja kerja, sehingga bisa saja meja kerja yang sudah tua dapat menyebabkan ragum bergeser.

3. FTA Bonding Over

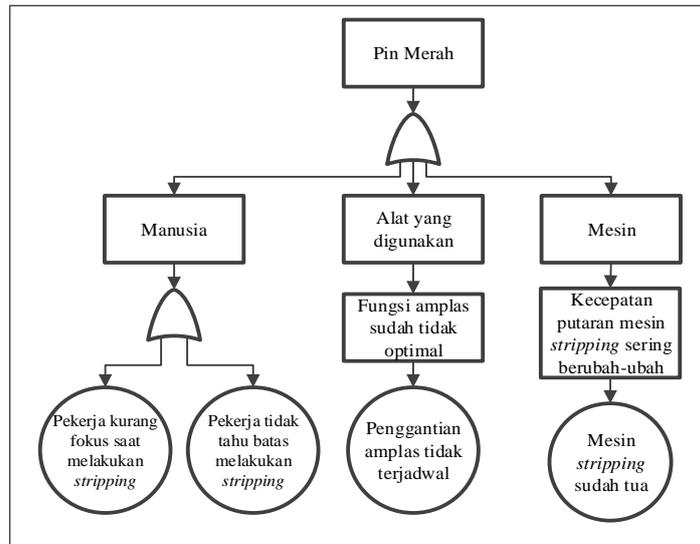
Jenis Bonding over merupakan jenis cacat yang terjadi karena proses bonding atau pengeleman yang melebihi batas yang telah ditentukan. Penyebab terjadinya bonding over ini bisa karena manusia. Manusia merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam menyebabkan terjadinya bonding over, karena proses bonding dilakukan secara manual oleh manusia. Teknik bonding yang tidak sesuai dapat menyebabkan terjadinya bonding over. Bonding over merupakan keadaan dimana hasil bonding atau hasil pengeleman melebihi batas yang telah ditentukan baik itu batas atas core atau batas bawah core atau juga hasil lem yang terlalu banyak sehingga membuat lem bergumpal disekitar area bonding. Adapun faktor yang menyebabkan terjadinya teknik bonding yang tidak sesuai karena pekerja yang kurang teliti dalam melakukan *bonding* atau juga karena kurangnya kemampuan pekerja. Adapun FTA untuk *bonding over* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. FTA *Bonding Over*

4. FTA Pin Merah

Jenis cacat pin merah merupakan jenis cacat yang terjadi karena masih tersisanya enamel pada pin (bagian ujung kaki *wire*). Jenis cacat ini bisa terjadi karena berbagai faktor yaitu manusia, alat yang digunakan atau lingkungan tempat kerja. FTA pin merah dapat dilihat pada Gambar 4.



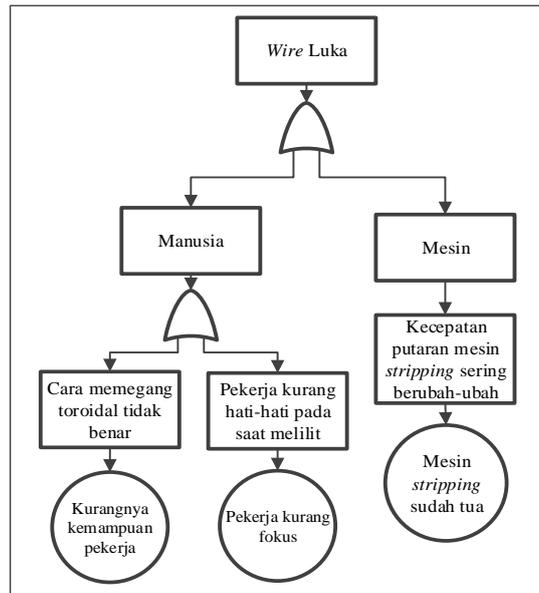
Gambar 4. FTA Pin Merah

Manusia dalam hal ini pekerja dapat menjadi penyebab terjadinya pin merah. Pekerja yang kurang fokus dalam melakukan *stripping* dapat menyebabkan hasil *stripping* tidak sempurna, atau juga karena pekerja yang tidak mengetahui batas dalam melakukan *stripping* sehingga masih banyak pin merah yang menempel pada ujung *wire* (pin). Selain itu alat yang digunakan juga dapat menyebabkan terjadinya cacat pin merah. Alat yang digunakan pada proses *stripping* yaitu amplas yang berfungsi untuk mengelupas enamel yang menempel. Jenis cacat pin merah bisa terjadi karena fungsi amplas yang sudah tidak optimal sehingga permukaan amplas sudah tidak kasar lagi. Hal ini terjadi karena pengantian amplas tidak terjadwal, jadi pekerja boleh kapan saja mengganti amplas jika amplas sudah tidak layak pakai.

Selain manusia dan alat yang digunakan, mesin menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan terjadinya cacat pin merah. Mesin yang digunakan pada proses *stripping* yaitu mesin *stripping*. Kecepatan putaran mesin *stripping* yang sering berubah-ubah dapat menyebabkan pengelupasan enamel tidak maksimal sehingga masih terdapat enamel yang menempel pada pin (*wire*). Berubah-ubahnya kecepatan putaran mesin *stripping* dapat disebabkan oleh mesin *stripping* yang sudah tua

5. FTA Wire Luka

Wire luka adalah jenis cacat pada toroidal karena terdapat goresan pada bagian *wire* yang telah dililitkan pada *core*. Jenis cacat ini biasanya terjadi pada proses *winding* atau juga proses *stripping*. Penyebab terjadinya *wire* luka biasanya karena manusia atau mesin seperti pada diagram FTA *wire* luka Gambar 5. Manusia merupakan faktor yang paling mungkin menyebabkan terjadinya cacat *wire* luka. Cara memegang toroidal yang salah pada proses *stripping* biasanya dapat menyebabkan terjadinya *wire* luka. Selain itu *wire* luka juga bisa terjadi karena pekerja yang kurang berhati-hati saat melilit pada proses *winding* sehingga menyebabkan ujung dari *wire* mengenai bagian *wire* yang telah dililitkan pada *core* dan terjadilah goresan pada *wire*. Mesin juga dapat menyebabkan terjadinya jenis cacat *wire* luka. Karena jenis cacat *wire* luka ini bisa disebabkan pada proses *stripping* yang dimana menggunakan mesin *stripping* untuk mengelupas enamel yang menempel tetapi mengenai bagian *wire* yang sudah dililitkan.



Gambar 5. FTA Wire Luka

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil identifikasi dari FTA (*Fault Tree Analysis*) diketahui bahwa faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya produk cacat pada toroidal antara lain yaitu manusia, mesin serta alat yang digunakan. Adapun masing-masing penyebab potensial dari faktor penyebab terjadinya kecacatan adalah sebagai berikut:

1. Faktor Manusia menjadi penyebab paling utama dalam terjadinya cacat produk oleh manusia. Adapun penyebab potensial yang memiliki kontribusi dalam menyebabkan terjadinya cacat pada toroidal antara lain yaitu pekerja baru, pekerja kelelahan induktor toroidal. Karena sebagian besar proses produksi dilakukan secara manual, pekerja kurang teliti, pekerja yang kurang terampil atau kurangnya kemampuan pekerja serta pekerja yang kurang fokus saat sedang melakukan pekerjaannya.
2. Mesin *stripping* yang sudah tua menjadi faktor penyebab terjadinya cacat yang terjadi karena mesin. Mesin *stripping* yang sudah tua kecepatan putarnya sering berubah-ubah sehingga dapat membuat terjadinya produk cacat.
3. Alat yang digunakan pada proses *winding* yaitu ragum serta meja kerja sebagai penopang ragum menjadi penyebab terjadinya cacat Ragum yang sudah tua dapat menjadi penyebab terjadinya kecacatan karena ragum yang tidak kuat dalam menahan *core* sehingga hasil lilitan menjadi jelek. Begitupula dengan meja kerja yang sudah tua. Karena meja digunakan sebagai penopang ragum, maka kuat atau tidaknya meja kerja dalam menahan ragum akan sangat berpengaruh terhadap kekuatan ragum dalam menahan *core*.

Acknowledge

Ucapan terimakasih kepada seluruh pihak perusahaan CV. Cipta Karya Mandiri yang telah memberi dukungan berupa data-data yang diperlukan sehingga penelitian berjalan dengan lancar.

Daftar Pustaka

- [1] Blanchard, B. S., dan Blyler, J. E. System Engineering Management Edisi 5. New Jersey: John Wiley & Sons; 2016.
- [2] Heizer J dan Render B. Manajemen Operasi Edisi 11. Jakarta Selatan: Salemba Empat; 2016.
- [3] Mitra, A. Fundamentals Of Quality Control And Improvement Edisi 4. New Jersey: John Wiley & Sons; 2016.
- [4] Pyzdek, T. The Six Sigma Handbook. New York: Marcel Dekker; 2003.
- [5] Pyzdek T dan Keller P. The Handbook For Quality Management Edisi 2. New York: Marcell Dekker; 2013.
- [6] Rasyid, A. Pengertian Dan Fungsi Induktor. 2021.
- [7] Tague N. The Quality Toolbox Edisi 2. Amerika: ASQ Mission; 2005.
- [8] Cipta N, Krida, Aviasti, Mulyati, Dewi Shofi. (2021). *Usulan Perbaikan Kualitas Produk Labu Ukur Menggunakan Fault Tree Analysis (FTA) dan Failure Mode Effect Analysis (FMEA) di CV. X*. Jurnal Riset Teknik Industri, 1(1). 36-42