

ANALISA PENYEBAB CACAT PRODUK *INSULATION* PADA PROSES *WINDING*

ABIPELL ARSYIL NABAWI^{1*}, ANNISA FYONA^{2*}, WOWO ROSSBANDRIO^{3*}

Politeknik Negeri Batam

Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam29461, Indonesia

¹E-mail: abielnabawi6@gmail.com

Abstrak

Industri manufaktur, khususnya dalam produksi peralatan spareparts otomotif, menghadapi tantangan memastikan kualitas produknya. Proses *winding* produk insulasi di PT Panasonic Industrial Devices Batam tingkat cacatnya masih menjadi perhatian utama. Penelitian ini difokuskan pada proses *winding* dan masalah cacat *insulation* pada produk. Tujuan penelitian adalah mengidentifikasi dan menganalisis penyebab *insulation* serta memberikan kontribusi untuk meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi. Metode penelitian menggunakan analisis penyebab dengan *Fishbone Diagram*. Langkah-langkah metodologi penelitian mencakup identifikasi masalah, rumusan masalah, studi literatur, pengumpulan data, analisis, dan penarikan kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat empat faktor utama yang menyebabkan kecacatan produk, yaitu manusia (*Man*), metode (*Method*), bahan baku (*Material*), dan mesin (*Machine*). Faktor bahan baku (*Material*) merupakan penyebab paling dominan dengan 54 kasus kecacatan terkait kualitas bahan baku dan penyimpanan yang tidak sesuai. Faktor metode (*Method*) menyebabkan 39 kasus kecacatan, terutama disebabkan oleh prosedur yang tidak tepat dan kurangnya pengecekan rutin. Faktor mesin (*Machine*) menyumbang 37 kasus kecacatan, terutama akibat tegangan berlebih dan kurangnya kalibrasi serta perawatan mesin. Faktor manusia (*Man*) menyebabkan 25 kasus kecacatan, terkait dengan kesalahan operator dan ketidakteelitian dalam proses produksi.

Kata kunci: *Insulation, Winding Proses*

Abstract

The manufacturing industry, especially in the production of automotive parts equipment, strives to ensure the quality of its products. In the process of rolling insulation products at PT Panasonic Industrial Devices Batam, the level of defects is still a major concern. This research focuses on the rolling process and the problem of insulation defects in products. The aim of the research is to identify and analyze the causes of isolation and contribute to improving product quality and production process efficiency. The research method uses causal analysis with Fishbone Diagrams. Research methodology steps include problem disclosure, problem formulation, literature study, data collection, analysis, and drawing conclusions. The research results show that there are four main factors that cause product defects, namely humans, methods, raw materials, and machines. Raw material (Material) factors were the most dominant cause with 54 cases related to raw material quality and inappropriate storage. The method factor (Method) caused 39 cases of defects, mainly caused by inappropriate procedures and lack of routine checks. The machine factor helped 37 cases of defects, mainly due to excessive stress and lack of machine calibration and maintenance. Human factors (Man) caused 25 cases of accidents, related to operator errors and inaccuracies in the production process.

Keywords: *Insulation, Winding Process*

1 Pendahuluan

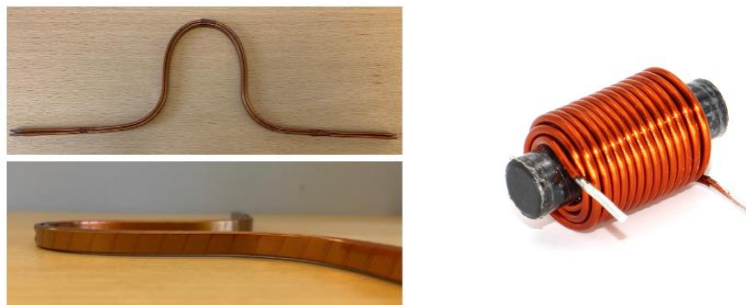
Industri manufaktur saat ini menghadapi tantangan besar dalam memastikan kualitas produknya, terutama dalam proses produksi peralatan *spareparts automotive* yang memerlukan tingkat akurasi dan keandalan yang tinggi. Salah satu perusahaan yang berperan penting dalam industri ini adalah PT Panasonic Industrial Devices Batam, yang terus berkomitmen untuk menghasilkan produk berkualitas tinggi. Dalam konteks ini, perhatian khusus diberikan pada proses *winding* dengan fokus pada produk cacat *Insulation*. Ditemui adanya kecacatan pada produk ini, menjadi penting untuk melakukan analisis menyeluruh guna mengidentifikasi penyebab yang mendasari produk menjadi *not good* atau *reject*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab terjadinya cacat *insulation* pada produk di proses *winding* di PT Panasonic Industrial Devices Batam. Dengan pemahaman yang mendalam tentang akar permasalahan, penelitian ini diarahkan untuk memberikan kontribusi dalam meningkatkan kualitas produk dan efisiensi proses produksi. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah supaya meminimalisir terjadinya *insulation* kembali dan memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan secara praktis untuk mengatasi masalah yang diidentifikasi.

Analisis ini akan mengidentifikasi dan mencakup fokus aspek aspek dalam proses *winding* yang dianggap sebagai titik krisis penyebab terjadinya cacat *insulation*. Untuk itu penulis membatasi pokok masalah pada

1. Penekanan pada tahapan *winding* tertentu.
2. Tidak memasukkan aspek eksternal
3. Orientasi pada produk cacat *insulation*
4. Berlaku untuk proses *winding* khusus.

Proses *winding* merupakan proses pembentukan *wire* menjadi lilitan *coil*. *Winding* merupakan proses pertama yang *critical point*nya adalah *pinhole*. *Pinhole* adalah adanya lapisan *wire* yang terluka, kata lain dari lapisan *wire* disebut *polyuretan wire*. Namun pada proses *winding* terdapat proses pengelupasan lapisan *wire* yang disebut *stepping*, *insulation* bisa terjadi jika pengelupasan atau sisa potongan pada lapisan *wire* tidak rapi dan bersih di bagian awal dan akhir lilitan *coil*, oleh karena itu pengelupasan *coil* yang tidak rata meninggalkan sisa pengelupasan di bagian lead *coil*. Untuk mengetahui diawal shift atau memulai bekerja perlu melakukan proses *appearance* menggunakan microscope untuk mengecek produk apakah mengalami *insulation* atau tidak. Proses *winding* sendiri melibatkan beberapa tahap penting. Pertama, *wire* atau kawat dipersiapkan dan ditempatkan pada mesin *winding*. Mesin ini kemudian mulai memutar *wire* tersebut secara bertahap sehingga membentuk lilitan yang teratur dan rapat sesuai dengan spesifikasi desain *coil* yang diinginkan. Selama proses ini, penting untuk memastikan bahwa *wire* tidak mengalami tegangan berlebih yang dapat menyebabkan kerusakan pada lapisan isolasinya. Setiap putaran *wire* harus diperhatikan secara teliti untuk menghindari *pinhole* dan ketidaksempurnaan lainnya. Ketika *wire* dililitkan, ada kemungkinan terjadi *stepping*, yaitu pengelupasan lapisan isolasi pada *wire*. Hal ini dapat terjadi jika *wire* tidak dililitkan dengan benar atau jika mesin *winding* tidak berfungsi dengan optimal. *Stepping* yang tidak rapi bisa menyebabkan *insulation* atau kegagalan isolasi pada *coil*. Oleh karena itu faktor eksternal pada mesin *winding* seperti tekanan angin dan tekanan panas pada mesin dan *maintenance preventive* akan mempengaruhi kualitas produk dalam proses ini. Penelitian ini juga mencakup pemahaman tentang bagaimana faktor-faktor ini dapat berkontribusi terhadap produk cacat *insulation*. Selain itu pengenalan terhadap analisis penyebab, di mana akar permasalahan yang mungkin muncul selama diproses *winding*. Pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip ini diharapkan dapat membantu penelitian dalam mengeksplorasi faktor penyebab produk cacat dan merancang solusi yang tepat guna menghindari produk terjadi *insulation*.



Gambar : Produk wire[1]

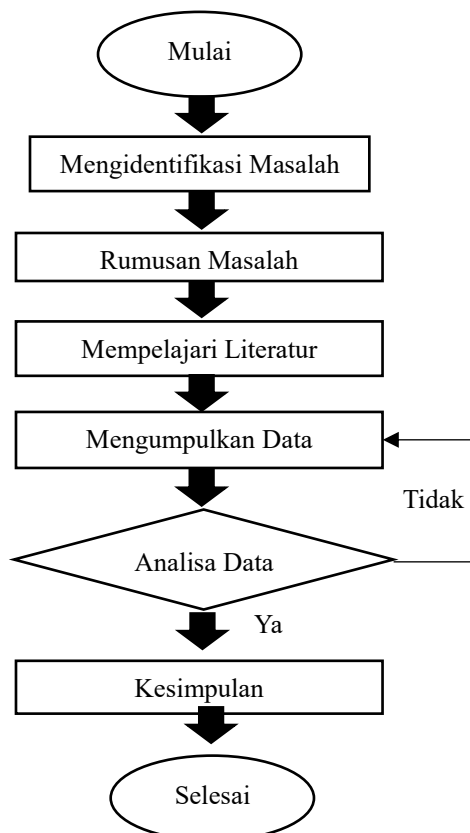
Diagram *fishbone*, atau diagram tulang ikan digunakan dalam penelitian ini yang merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan memvisualisasikan semua penyebab potensial dari suatu masalah atau efek tertentu. Dalam konteks proses *winding*, diagram ini dapat membantu mengidentifikasi akar penyebab masalah *insulation* pada produk. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses *winding* yang dapat dimasukkan ke dalam diagram *fishbone* meliputi mesin, metode, material, manusia. Misalnya, pada kategori mesin, tekanan angin dan panas pada mesin bisa menjadi penyebab potensial masalah. Pada kategori metode, prosedur pengelupasan yang tidak tepat dapat berkontribusi. Material seperti kualitas *wire* dan pelapisnya juga penting. Faktor manusia mencakup keterampilan dan pelatihan operator, sedangkan lingkungan mencakup kondisi di sekitar area kerja. Pengukuran mencakup metode dan alat yang digunakan untuk inspeksi dan kontrol kualitas. Dengan menggunakan diagram *fishbone*, kita dapat mengidentifikasi dan menganalisis berbagai faktor ini secara sistematis, sehingga memungkinkan untuk menemukan solusi yang efektif guna menghindari produk cacat *insulation*.

Tekanan angin yang tidak stabil dapat menyebabkan kerusakan pada bahan baku dan produk selama proses *winding*, sehingga berujung pada produk *Insulation*. Studi yang dilakukan oleh Aristriyana and R. A. Fauzi, 2023 menunjukkan bahwa variasi tekanan angin lebih dari 5% dapat meningkatkan tingkat produk cacat *insulation* hingga 20%. Demikian pula dengan tekanan panas. [2] Temperatur di atas 35°C dapat meningkatkan risiko produk *insulation* hingga 35%. [3]

Selain itu, *maintenance preventive* yang tidak optimal dapat menyebabkan kerusakan mesin *winding* dan berakibat pada produk *insulation*. Hal ini selaras dengan temuan yang menekankan bahwa perawatan mesin terjadwal dan tepat dapat menurunkan tingkat produk cacat *insulation* hingga 15%. [4]

2 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian penting untuk memastikan bahwa penelitian dilakukan secara sistematis, objektif, dan valid. Dengan metodologi yang tepat, hasil penelitian dapat diandalkan dan bermanfaat untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan pemecahan masalah. Berikut metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini:



Gambar 2: Flowchart Penelitian

Berikut langkah-langkah proses penelitian untuk memperoleh penelitian sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi Masalah

Proses pertama dalam penelitian adalah mengidentifikasi masalah yang akan diteliti. Dalam kasus ini, masalah yang diidentifikasi adalah keberadaan produk *ng (not good) insulation* pada proses *winding* di PT Panasonic Industrial Devices Batam. Identifikasi masalah ini dapat dilakukan melalui observasi awal terhadap proses produksi, pengamatan langsung, dan analisis data kualitas.

2. Rumusan Masalah

Setelah mengidentifikasi masalah, langkah selanjutnya adalah merumuskan masalah penelitian. Rumusan masalah bagaimana menganalisis penyebab utama dari produk cacat *insulation* pada proses *winding*.

3. Mempelajari Literatur

Proses ini melibatkan pencarian dan studi terhadap literatur yang relevan dengan masalah yang akan diteliti. Peneliti perlu mempelajari teori-teori, konsep-konsep, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan proses produksi *winding*, khususnya dalam konteks industri manufaktur. Literatur ini akan membantu peneliti memahami lanskap penelitian yang ada, mengidentifikasi faktor-faktor yang mungkin berkontribusi terhadap produk *insulation*, dan merumuskan hipotesis.

4. Mengumpulkan Data

Langkah selanjutnya adalah mengumpulkan data yang relevan untuk menjawab rumusan masalah. Data ini dapat diperoleh melalui berbagai metode seperti observasi langsung, pengamatan terhadap proses mesin, dan analisis data historis mengenai kualitas produk. Dalam konteks penelitian ini, data yang dikumpulkan mungkin berupa data produksi, data kualitas produk, dan informasi terkait proses *winding* di PT Panasonic Industrial Devices Batam.

5. Analisis

Setelah data terkumpul dan dianalisis menggunakan metode *Fishbone Diagram*, jika analisis berhasil, akan terlihat pola dan hubungan yang jelas antara faktor-faktor seperti tekanan angin, tekanan panas, kualitas *wire*, dan kondisi mesin dengan cacat *insulation*, memungkinkan tindakan perbaikan yang spesifik dan peningkatan prosedur operasional untuk mencegah cacat di masa mendatang. Jika analisis tidak berhasil, mungkin tidak ditemukan pola signifikan, sehingga perlu pengumpulan data tambahan atau metode analisis berbeda, serta kajian ulang terhadap variabel yang dianalisis untuk mengidentifikasi penyebab cacat *insulation*.

6. Menarik Kesimpulan

Langkah terakhir dalam metodologi penelitian adalah menarik kesimpulan berdasarkan analisis data yang telah dilakukan. Kesimpulan ini harus mencerminkan jawaban terhadap rumusan masalah penelitian. Selain itu, peneliti juga dapat mengaitkan kesimpulan dengan teori-teori yang telah dipelajari dalam literatur. Kesimpulan ini juga dapat berisi rekomendasi untuk perbaikan atau tindakan yang dapat dilakukan oleh PT Panasonic Industrial Devices Batam untuk mengatasi masalah produk cacat *insulation* pada proses *winding*.

3 Analisis Data dan Pembahasan

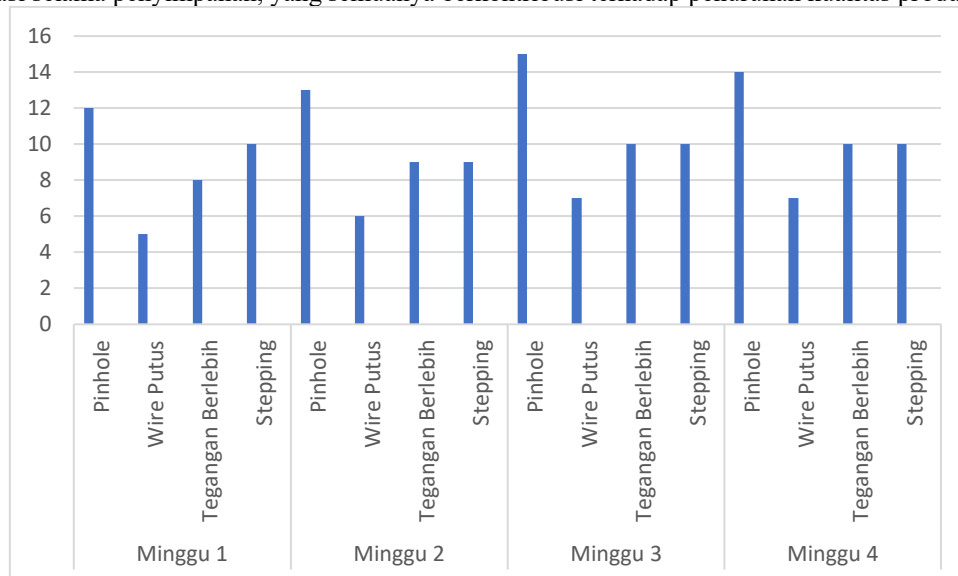
Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data produk cacat pada proses *winding* dalam satu bulan dan diklasifikasikan empat minggu sebagai sampel yang dituangkan dalam tabel berikut.

Tabel 1
Data dan Keterangan Produk Cacat

Minggu	Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Penyebab Utama	Keterangan
Minggu 1	<i>Pinhole</i>	12	Material	Kualitas bahan baku rendah yang mengacu pada kondisi di mana bahan yang digunakan dalam proses produksi tidak memenuhi standar kualitas yang ditetapkan, penyimpanan tidak sesuai
	<i>Wire Putus</i>	5	Manusia	Kesalahan operator dalam pengaturan mesin
	Tegangan Berlebih	8	Mesin	Tegangan mesin tidak dikalibrasi dengan benar

	<i>Stepping</i>	10	Metode	Prosedur pengawasan yang tidak tepat
Minggu 2	<i>Pinhole</i>	13	Material	Penyimpanan bahan baku yang tidak sesuai
	<i>Wire Putus</i>	6	Manusia	Operator tidak teliti
	Tegangan Berlebih	9	Mesin	Perawatan mesin yang kurang rutin
	<i>Stepping</i>	9	Metode	Pengecekan rutin tidak dilakukan
Minggu 3	<i>Pinhole</i>	15	Material	Bahan baku tidak sesuai spesifikasi
	<i>Wire Putus</i>	7	Manusia	Operator kurang terlatih
	Tegangan Berlebih	10	Mesin	Pengaturan mesin tidak tepat
	<i>Stepping</i>	10	Metode	Prosedur tidak diikuti dengan benar
Minggu 4	<i>Pinhole</i>	14	Material	Bahan baku tidak dikontrol kualitasnya
	<i>Wire Putus</i>	7	Manusia	Kesalahan operator
	Tegangan Berlebih	10	Mesin	Kalibrasi mesin yang tidak tepat
	<i>Stepping</i>	10	Metode	Tidak ada pengecekan rutin

Secara keseluruhan, jumlah cacat produk mengalami sedikit variasi setiap minggunya, dengan jenis cacat yang konsisten seperti pinhole, wire putus, tegangan berlebih, dan stepping. Penyebab utama cacat produk ini disebabkan oleh berbagai faktor seperti kualitas bahan baku, keterampilan operator, kondisi mesin, dan metode yang digunakan dalam proses produksi. Data ini menunjukkan bahwa kualitas bahan baku yang rendah dan penyimpanan yang tidak sesuai merupakan faktor utama yang menyebabkan cacat produk. Kualitas bahan baku yang rendah mencakup ketidakmurnian, ketidaksesuaian dengan spesifikasi, dan degradasi selama penyimpanan, yang semuanya berkontribusi terhadap penurunan kualitas produk akhir.



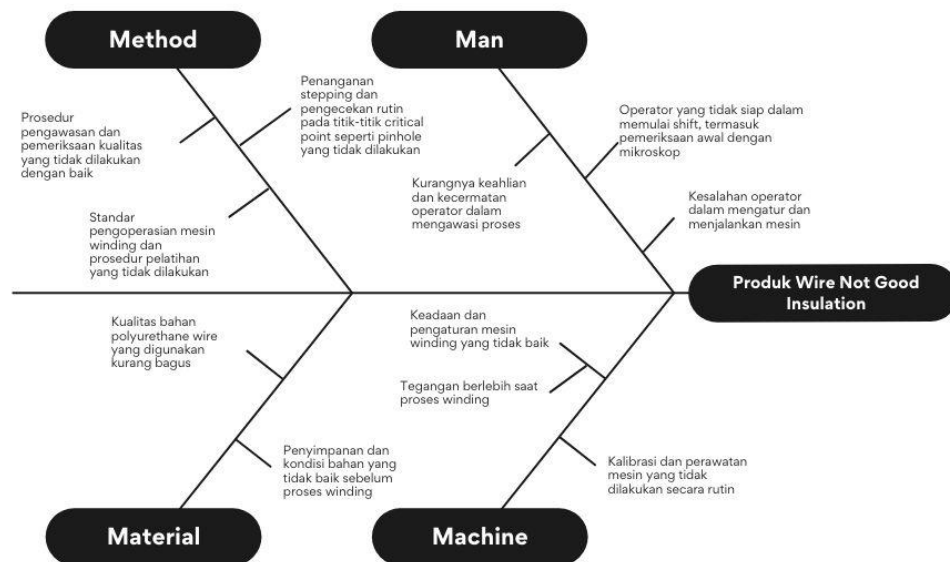
Gambar 3: Grafik Produk Cacat

Faktor manusia merupakan salah satu penyebab kecacatan produk, dimana pekerja yang terlibat langsung dalam proses produksi sering melakukan kesalahan seperti ketidaktelitian, kurangnya pelatihan, dan kesalahan dalam pengaturan mesin. Selama satu bulan, tercatat 18 kasus kecacatan yang disebabkan oleh faktor ini. Faktor bahan baku material juga menjadi penyebab signifikan, dengan 60 kasus kecacatan yang terjadi karena kualitas dan kondisi bahan yang digunakan dalam produksi tidak sesuai spesifikasi. Bahan baku yang berkualitas rendah atau penyimpanan yang tidak tepat dapat menyebabkan produk cacat.

Faktor mesin menyumbang 37 kasus kecacatan, yang disebabkan oleh masalah seperti tegangan berlebih, kurangnya kalibrasi, dan perawatan mesin yang tidak rutin. Pengaturan dan kondisi mesin yang tidak optimal dapat mengakibatkan cacat produk selama proses produksi. Terakhir, faktor metode menyebabkan 30 kasus kecacatan. Prosedur yang tidak tepat, kurangnya pengawasan, dan tidak dilakukan pengecekan

rutin pada titik-titik kritis merupakan beberapa contoh masalah dalam metode yang dapat mengakibatkan kecacatan produk.

Fishbone Diagram



Gambar 4: Diagram Fishbone

Fishbone diagram, atau yang dikenal juga sebagai diagram sebab-akibat atau Ishikawa, digunakan untuk menganalisis berbagai faktor yang berkontribusi terhadap masalah tertentu, dalam hal ini cacat produk. Diagram ini membantu dalam mengidentifikasi dan mengorganisir penyebab masalah berdasarkan kategori utama seperti manusia, metode, material, dan mesin. Dengan menggunakan fishbone diagram, perusahaan dapat mengidentifikasi akar penyebab masalah dengan cara yang terstruktur dan sistematis, memungkinkan tim untuk mengembangkan solusi yang efektif untuk meningkatkan kualitas produk.

Berdasarkan *fishbone diagram* untuk cacat produk, penyebabnya dapat diidentifikasi sebagai berikut:

a. Manusia

Kesalahan yang terjadi dari segi *Man* yaitu keahlian dan kecermatan operator dalam mengawasi proses. Kesiapan operator dalam memulai *shift*, termasuk pemeriksaan awal dengan mikroskop, sangat penting. Kesalahan operator dalam mengatur dan menjalankan mesin dapat menyebabkan cacat pada produk akhir.

b. Metode

Kesalahan yang terjadi dari segi *Method* yaitu dalam prosedur pengawasan dan pemeriksaan kualitas, termasuk penggunaan mikroskop. Standar pengoperasian mesin *winding* dan prosedur pelatihan yang tidak diikuti dengan benar dapat menyebabkan masalah. Penanganan *stepping* dan pengecekan rutin pada titik-titik *critical point* seperti *pinhole* juga sangat penting untuk mencegah cacat produk.

c. Material

Kesalahan yang terjadi dari segi *Material* yaitu kualitas bahan *polyurethane wire* yang digunakan. Penyimpanan dan kondisi bahan sebelum proses *winding* juga harus diperhatikan. Jika bahan tidak disimpan dengan benar, hal ini dapat menyebabkan masalah selama proses produksi.

d. Mesin

Kesalahan yang terjadi dari segi *Machine* yaitu keadaan dan pengaturan mesin *winding*. Tegangan berlebih saat proses *winding* dapat menyebabkan cacat pada produk. Kalibrasi dan perawatan mesin secara rutin sangat penting untuk memastikan mesin berfungsi dengan baik dan menghindari masalah selama proses produksi.

Berdasarkan hasil analisis, masih terdapat produk cacat dalam proses produksi di perusahaan ini. Hal tersebut dapat diidentifikasi dari berbagai faktor yang mempengaruhi kualitas produk, seperti keterlibatan manusia, kualitas bahan baku, kondisi mesin, dan metode yang digunakan. Adapun hasil analisis menggunakan fishbone diagram menunjukkan adanya empat jenis kecacatan produk utama, yaitu pinhole, wire putus, tegangan berlebih, dan stepping. Penyebab kecacatan tersebut dianalisis dari segi manusia, metode, bahan baku material, dan mesin.

1. Cacat Produk Pinhole

- a. Manusia: Kurangnya keterampilan dan ketelitian operator.
- b. Material: Kualitas bahan baku yang rendah dan penyimpanan yang tidak sesuai.
- c. Metode: Prosedur pengawasan yang tidak tepat.
- d. Mesin: Kondisi mesin yang tidak optimal.

Pada minggu pertama, cacat pinhole terjadi sebanyak 12 kali disebabkan oleh kualitas bahan baku yang rendah dan penyimpanan yang tidak sesuai. Minggu kedua menunjukkan 13 kasus pinhole yang disebabkan oleh penyimpanan bahan baku yang tidak sesuai. Pada minggu ketiga, cacat pinhole terjadi sebanyak 15 kali karena bahan baku yang tidak sesuai spesifikasi. Minggu keempat menunjukkan 14 kasus pinhole yang disebabkan oleh bahan baku yang tidak dikontrol kualitasnya.

2. Cacat Produk Wire Putus

- a. Manusia: Kesalahan operator dalam pengaturan mesin dan kurangnya keterampilan.
- b. Material: Tidak ada masalah yang signifikan.
- c. Metode: Pengaturan mesin yang tidak tepat.
- d. Mesin: Kondisi mesin yang tidak terkalibrasi dengan benar.

Terdapat 5 kasus wire putus pada minggu pertama yang disebabkan oleh kesalahan operator dalam pengaturan mesin. Minggu kedua menunjukkan 6 kasus wire putus karena operator tidak teliti. Pada minggu ketiga, wire putus terjadi sebanyak 7 kali karena operator yang kurang terlatih. Minggu keempat menunjukkan 7 kasus wire putus karena kesalahan operator.

3. Cacat Produk Tegangan Berlebih

- a. Manusia: Tidak ada masalah yang signifikan.
- b. Material: Tidak ada masalah yang signifikan.
- c. Metode: Tegangan mesin tidak dikalibrasi dengan benar.
- d. Mesin: Kondisi mesin yang kurang terawat.

Tegangan berlebih terjadi sebanyak 8 kali pada minggu pertama karena tegangan mesin tidak dikalibrasi dengan benar. Minggu kedua menunjukkan 9 kasus tegangan berlebih karena perawatan mesin yang kurang rutin. Pada minggu ketiga, tegangan berlebih terjadi sebanyak 10 kali karena pengaturan mesin yang tidak tepat. Minggu keempat menunjukkan 10 kasus tegangan berlebih karena kalibrasi mesin yang tidak tepat.

4. Cacat Produk Stepping

- a. Manusia: Kurangnya ketelitian operator.
- b. Material: Tidak ada masalah yang signifikan.
- c. Metode: Prosedur pengawasan yang tidak tepat.
- d. Mesin: Pengecekan rutin yang tidak dilakukan.

Pada minggu pertama, terdapat 10 kasus stepping akibat prosedur pengawasan yang tidak tepat. Minggu kedua menunjukkan 9 kasus stepping akibat pengecekan rutin yang tidak dilakukan. Pada minggu ketiga, ada 10 kasus stepping akibat prosedur yang tidak diikuti dengan benar. Minggu keempat menunjukkan 10 kasus stepping akibat tidak adanya pengecekan rutin.

Secara keseluruhan, cacat pinhole merupakan jenis kecacatan produk yang paling dominan selama satu bulan analisis. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas bahan baku dan penyimpanan yang tidak sesuai. Dalam hal ini kualitas bahan baku tidak sesuai dikarenakan dalam penyimpanan barang baku tidak baik seperti dalam penyimpanan bahan baku atau material disimpan dengan cara disusun menumpuk keatas, oleh karena itu bahan baku atau material merupakan faktor utama penyebab cacat produk. Selain itu, masalah pada mesin dan kurangnya keterampilan serta ketelitian operator juga berkontribusi signifikan terhadap kecacatan produk. Dengan memahami penyebab utama ini, perusahaan dapat mengambil langkah-langkah perbaikan yang tepat untuk mengurangi jumlah produk cacat dan meningkatkan kualitas produksi secara keseluruhan.

4 Kesimpulan

Dari hasil analisis ini, dapat disimpulkan bahwa faktor bahan baku material merupakan penyebab paling dominan dari cacat insulation pada produk di proses *winding*. Kualitas bahan baku yang rendah, termasuk ketidaksesuaian dengan spesifikasi dan penyimpanan yang tidak tepat, secara konsisten berkontribusi terhadap terjadinya cacat seperti pinhole dan wire putus. Selain itu, faktor metode juga signifikan dengan prosedur operasional yang tidak tepat dan kurangnya pengawasan rutin pada titik-titik kritis. Perbaikan pada prosedur operasional dan peningkatan pengawasan dapat mengurangi risiko cacat produk yang disebabkan oleh faktor metode.

Selain faktor bahan baku dan metode, faktor mesin juga berpengaruh dengan kondisi mesin yang tidak optimal dan kurangnya perawatan yang rutin. Pengaturan mesin yang tidak tepat dapat menghasilkan cacat seperti tegangan berlebih dan wire putus. Meskipun dalam pengaruh yang lebih kecil, faktor manusia tetap berperan dengan kesalahan operator yang terjadi akibat kurangnya keterampilan atau ketelitian dalam pengaturan mesin. Peningkatan pelatihan dan pengawasan terhadap operator diharapkan dapat mengurangi insiden cacat yang disebabkan oleh faktor manusia. Dengan fokus pada perbaikan kualitas bahan baku, peningkatan prosedur operasional, perawatan mesin yang lebih rutin, dan pengembangan keterampilan operator, perusahaan dapat mengurangi jumlah cacat produk secara signifikan dan meningkatkan kualitas keseluruhan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Jiang, X. Huang, Y. Liu, and S. Nategh, "Accelerated destructive experiment design of motor stator winding insulation systems," in *2021 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis (WEMDCD)*, IEEE, 2021, pp. 225–230.
- [2] E. Aristriyana and R. A. Fauzi, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk Dengan Metode Fishbone Diagram Dan Failure Mode Effect Analysis (Fmea) Pada Perusahaan Elang Mas Sindang Kasih Ciamis," *Jurnal Industrial Galuh*, vol. 4, no. 2, pp. 75–85, 2022.
- [3] A. Decner, M. Baranski, T. Jarek, and S. Berhausen, "Methods of diagnosing the insulation of electric machines windings," *Energies (Basel)*, vol. 15, no. 22, p. 8465, 2022.
- [4] F. Pujiyanto, "Analisis Winding Insulation Pada Performa Induksi Motor Tiga Phase Berbasis Logika Fuzzy," *Majalah Ilmiah Bahari Jogja*, vol. 20, no. 2, pp. 118–134, 2022.