



ANALISIS KEGAGALAN PROSES *ASSEMBLY* PRODUK *YOKE AXLE* MODEL EK40 MENGGUNAKAN MESIN *PRESS CAULKING* DENGAN PENDEKATAN *ROOT CAUSE ANALYSIS*

Muhammad Dimas Yohansyah¹, Vika Rizkia^{1*}, Ratna Khoirunnisa²

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

²Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

E-mail address: vika.rizkia@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

PT X merupakan perusahaan manufaktur kipas angin yang menghadapi permasalahan defect Loose Caulking pada komponen Yoke Axle EK40, yaitu sambungan poros (shaft) dan bracket yang tidak terkunci rapat akibat proses press caulking kurang sempurna. Loose Caulking ini disebabkan oleh dua jenis kegagalan karakteristik fisik pada proses penekanan, yaitu Missaligned Caulking dan Incomplete Deformation. Data produksi Januari–Maret 2026 menunjukkan 1.825 unit cacat dari 65.320 unit produksi (2,8%), terdiri dari Missaligned Caulking (87%) dan Incomplete Deformation (13%). Penelitian ini mengidentifikasi faktor penyebab dan akar permasalahan menggunakan Root Cause Analysis (RCA) yang didukung Diagram Pareto, Fishbone, 5 Whys, dan Fault Tree Analysis (FTA). Missaligned Caulking ditetapkan sebagai prioritas, dengan akar penyebab keausan shaft guide dan stopper jig akibat gesekan berulang, diperparah konstruksi jig solid block tunggal tanpa bushing insert, serta tidak adanya checksheet verifikasi caulking. Usulan perbaikan berupa modifikasi jig dengan bushing insert SKD11 yang dapat dilepas-pasang, serta pembuatan checksheet verifikasi sebagai dokumen kontrol proses wajib setiap pergantian shift.

Kata-kata kunci: Loose Caulking, Missaligned Caulking, Root Cause Analysis, Fishbone Diagram, 5 Whys

Abstract

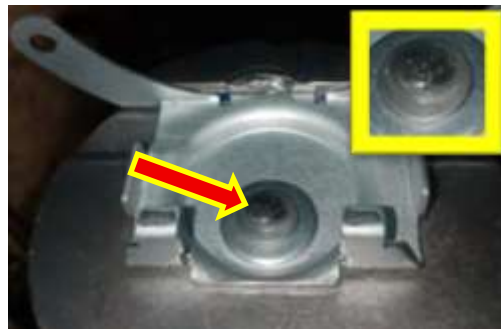
PT X is a fan manufacturing company facing a Loose Caulking defect problem in the Yoke Axle EK40 component, a condition in which the joint between the shaft and bracket is not tightly locked due to an imperfect press caulking process. Based on production data for the January–March 2026 period, 1,825 defective units were found out of 65,320 units produced (2.8%), consisting of Missaligned Caulking (87%) and Incomplete Deformation (13%). This research aims to identify the contributing factors, analyze the root causes, and develop improvement proposals using a Root Cause Analysis (RCA) approach supported by a Pareto Diagram, Fishbone Diagram, 5 Whys, and Fault Tree Analysis (FTA). The analysis identified Missaligned Caulking as the main priority, with two confirmed root causes: wear on the shaft guide and jig stopper caused by repeated friction and load at the same contact point in every production cycle, which was further aggravated by the single solid-block jig construction that did not allow the worn part to be replaced locally; and the absence of a caulking-result verification checksheet due to the lack of a work instruction for periodic inspection. As improvement proposals, the jig construction was modified by adding a replaceable SKD11 bushing insert, and a caulking-result verification checksheet was created as a mandatory process control document for every shift change. Both proposals are expected to significantly and sustainably reduce the Missaligned Caulking defect rate.

Keywords: Loose Caulking, Missaligned Caulking, Root Cause Analysis, Fishbone Diagram, 5 Whys

PENDAHULUAN

PT X merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai jenis kipas angin untuk memenuhi kebutuhan nasional maupun ekspor [1], [2]. Salah satu komponen penting pada kipas angin adalah *Yoke Axle*, yang berfungsi sebagai titik tumpu dan pengunci sambungan agar posisi poros (*shaft*) tetap presisi selama kipas beroperasi. *Yoke Axle* terdiri dari poros (*shaft*) dan *bracket* sebagaiudukan, yang disatukan melalui proses *assembly* menggunakan mesin *press caulking*. Proses *caulking* memanfaatkan tekanan dari *punch* untuk menghasilkan deformasi plastis pada material, sehingga kedua komponen terkunci secara permanen tanpa memerlukan elemen pengikat tambahan seperti baut atau las [3]. Proses caulking mengandalkan pembentukan bentuk di sekeliling sambungan untuk menghasilkan ikatan mekanis yang kokoh [4]. Pada proses inilah yang sangat menentukan kekuatan sambungan dan keandalan komponen selama operasional kipas angin [4].

Pada praktiknya, proses *assembly Yoke Axle* ini menghadapi permasalahan *defect Missaligned Caulking*, yaitu kondisi ketika hasil penekanan *caulking* tidak berada pada posisi pusat (*center*) diameter *shaft*, akibat ketidaktepatan *alignment* antara *jig*, *punch*, dan benda kerja. Pergeseran pusat penekanan ini mengakibatkan distribusi gaya deformasi menjadi tidak merata, sehingga salah satu sisi sambungan kehilangan kekuatan kuncinya dan menjadi longgar [3]. Akibatnya, komponen *Yoke Axle* berisiko mengalami pergeseran, goyang, atau bahkan terlepas saat menerima beban kerja maupun getaran ketika kipas beroperasi [3], yang berdampak langsung pada performa produk, efisiensi produksi, serta kepuasan pelanggan terhadap kualitas akhir kipas angin yang diproduksi PT X.



Gambar 1. 1 Defect Missaligned Caulking

Berdasarkan data produksi periode Januari–Maret 2026, *defect Missaligned Caulking* pada komponen *Yoke Axle* tercatat sebagai jenis kegagalan yang paling dominan, dengan kontribusi sebesar 87% dari total produk cacat berdasarkan hasil analisis Diagram Pareto [5]. Tingginya kontribusi ini mengindikasikan adanya permasalahan mendasar pada aspek presisi proses penekanan, baik dari sisi kondisi mesin, metode kerja, material, maupun faktor manusia yang terlibat dalam proses *assembly* [6]. Selama ini, tindakan korektif yang diterapkan PT X umumnya masih bersifat reaktif, seperti penggantian komponen *jig* secara menyeluruh tanpa disertai evaluasi terhadap konstruksi maupun metode kerja yang digunakan, sehingga permasalahan yang sama berpotensi terus berulang dalam jangka panjang.

Kondisi ini menunjukkan perlunya analisis yang lebih sistematis untuk menemukan akar penyebab sesungguhnya dari *defect Missaligned Caulking*, sebelum merumuskan tindakan perbaikan yang bersifat permanen [7]. Oleh karena itu, penelitian ini menerapkan pendekatan *Root Cause Analysis* (RCA) yang dipadukan dengan *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab dari kategori *Man*, *Method*, *Machine*, dan *Material*, serta metode *5 Whys* untuk menelusuri akar permasalahan secara mendalam pada setiap faktor yang terverifikasi [8].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) [6] untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya *defect Missaligned Caulking* pada proses *assembly Yoke Axle* model EK40. Tahapan penelitian dimulai dari identifikasi masalah yang diperoleh melalui tinjauan pustaka dan studi lapangan, kemudian dilanjutkan dengan pengumpulan data berupa output produksi *Yoke Axle* model EK40 dan jenis cacat yang terjadi, pengolahan data menggunakan Diagram Pareto [5] dan Diagram *Fishbone* [5],[9] serta analisis pemecahan masalah menggunakan *Root Cause Analysis* untuk menentukan akar penyebab kegagalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Produksi dan Identifikasi Jenis Cacat

Berdasarkan data produksi *Yoke Axle* model EK40 selama periode Januari–Maret 2026, diperoleh total produksi sebanyak 65.320 unit dengan total produk cacat sebanyak 1.825 unit, atau setara dengan persentase rata-rata sebesar 2,8%. Tren bulanan menunjukkan peningkatan jumlah cacat, yaitu 550 unit (2,4%) pada Januari, 625 unit (2,9%) pada Februari, dan 650 unit (2,9%) pada Maret, yang mengindikasikan adanya permasalahan pada proses *assembly* yang berpotensi memengaruhi kualitas produk secara berkelanjutan.

No	Periode Produksi	Total Produksi	Total Cacat	Presentase %
1	Januari	22480	550	2,4%
2	Februari	21090	625	2,9%
3	Maret	21750	650	2,9%
Total		65320	1825	2,8%

Tabel 1. 1 Data Total Produksi dan Total Cacat

Hasil identifikasi lebih lanjut menemukan dua jenis kegagalan karakteristik fisik yang menjadi penyebab *defect Loose Caulking* pada komponen tersebut, yaitu *Missaligned Caulking* dan *Incomplete Deformation*. Berdasarkan hasil analisis Diagram Pareto, *Missaligned Caulking* tercatat sebagai jenis cacat dominan dengan jumlah 1.583 unit (87%), sedangkan *Incomplete Deformation* berjumlah 242 unit (13%) dari total keseluruhan produk cacat. Mengacu pada prinsip Pareto, di mana sebagian kecil jenis penyebab memberikan kontribusi terbesar terhadap keseluruhan masalah, *Missaligned Caulking* ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dianalisis lebih dalam pada penelitian ini.

Tabel 1. 2 Data Jenis Cacat Loose Caulking

No	Jenis Cacat	Total Cacat	Presentase %	Kumulatif
1	<i>Incomplete Deformation</i>	242	13%	13%
2	<i>Missaligned Caulking</i>	1583	87%	100%
Total		1825	100%	

Identifikasi Faktor Penyebab Menggunakan Diagram Fishbone

Berdasarkan jenis *defect* yang ditetapkan sebagai prioritas, dilakukan analisis menggunakan Diagram *Fishbone* untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang diduga menjadi penyebab terjadinya *Missaligned Caulking* pada proses *assembly Yoke Axle EK40*. Identifikasi faktor dilakukan berdasarkan hasil observasi lapangan dan wawancara dengan pihak terkait, yang dikelompokkan ke dalam empat kategori, yaitu *Man*, *Method*, *Machine*, dan *Material*.



Gambar 3. 1 Fishbone Diagram

Pada kategori *Machine*, faktor yang teridentifikasi meliputi keausan pada *punch* dan *jig*, tekanan hidrolik yang tidak stabil, serta jadwal *maintenance jig* yang belum berjalan secara teratur. Pada kategori *Method*, teridentifikasi belum diikutinya standar operasional produksi secara konsisten serta belum tersedianya *checksheet* untuk memverifikasi hasil *caulking*. Pada kategori *Material*, ditemukan faktor berupa variasi dimensi pada *shaft/bushing* serta ketidakkonsistenan material yang dipasok oleh *supplier*. Sementara itu, pada kategori *Man*, teridentifikasi faktor berupa kurangnya pelatihan operator, kelelahan/*human error*, serta kurangnya pengawasan dari *supervisor*.

Faktor-faktor yang diperoleh melalui Diagram *Fishbone* ini masih bersifat dugaan awal dan belum dapat dipastikan keterkaitannya dengan terjadinya *defect Missaligned Caulking*. Oleh karena itu, seluruh faktor tersebut perlu diverifikasi lebih lanjut melalui observasi dan wawancara untuk memastikan kesesuaiannya dengan kondisi aktual di lapangan, sebelum dilanjutkan ke tahap analisis akar penyebab menggunakan metode *5 Whys*.

Verifikasi Faktor Penyebab

Verifikasi dilakukan terhadap faktor-faktor hasil identifikasi Diagram *Fishbone* melalui observasi lapangan dan wawancara dengan operator serta staf terkait.

Kategori	Faktor Penyebab	Kondisi Aktual	Status
Mesin	Keausan <i>Jig</i>	Ditemukan keausan pada <i>shaft guide</i> dan <i>stopper jig</i> , menyebabkan kedudukan komponen longgar (oblok) saat <i>caulking</i>	Sesuai
Mesin	Tekanan hidrolik tidak stabil	Kedua faktor terbukti terkendali dengan baik (tekanan stabil & terkalibrasi)	Tidak Sesuai
Metode	Tidak ada <i>checksheet</i> verifikasi	Verifikasi yang ada hanya mencakup kondisi mesin, bukan hasil produk <i>caulking</i>	Sesuai

Metode	SOP tidak diikuti	Operator terbukti mengikuti SOP yang berlaku	Tidak Sesuai
Material	Variasi dimensi <i>shaft</i> , material <i>supplier</i> tidak konsisten	Kedua faktor terbukti terkendali (pengecekan rutin & retur ke <i>supplier</i>)	Tidak Sesuai
Manusia	Kurang pelatihan/ <i>human error</i>	Kedua faktor tidak terbukti — <i>skill matrix</i> sesuai & kelelahan tidak berdampak pada hasil <i>caulking</i>	Tidak sesuai

Berdasarkan hasil verifikasi tersebut, dua faktor dinyatakan valid dan dilanjutkan ke analisis akar penyebab menggunakan metode 5 *Whys*, yaitu keausan *jig* dari kategori *Machine* dan tidak adanya *checksheet* verifikasi dari kategori *Method*.

Analisis Akar Penyebab Menggunakan Metode 5 Whys

Tabel 3 1 5 *Whys* Penyebab Keausan Jig

<i>Problem</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
Keausan Jig	Posisi <i>punch</i> tidak menekan tepat di titik pusat (<i>center</i>)	Kedudukan komponen oblok (longgar) diatas <i>Jig</i>	<i>Shaft guide</i> dan <i>stopper</i> pada <i>jig</i> mengalami keausan	Bagian <i>shaft guide</i> dan <i>stopper</i> menerima gesekan/beban berulang pada titik yang sama setiap siklus produksi	-

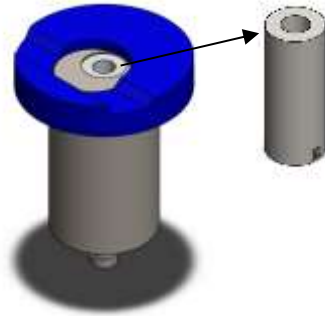
Tabel 3 2 5 *Whys* Penyebab Tidak Adanya *Checksheet* Verifikasi

<i>Problem</i>	<i>Why 1</i>	<i>Why 2</i>	<i>Why 3</i>	<i>Why 4</i>	<i>Why 5</i>
Tidak adanya <i>checksheet</i> verifikasi	Pengawasan proses <i>caulking</i> hanya mengandalkan verifikasi kondisi mesin, bukan hasil produk	Belum ada instruksi kerja yang mewajibkan operator melakukan pengecekan hasil <i>caulking</i> secara berkala	-	-	-

Berdasarkan kedua jalur analisis tersebut, diperoleh dua akar penyebab utama terjadinya *defect Missaligned Caulking*, yaitu bagian *shaft guide* dan *stopper* menerima gesekan/beban berulang pada titik yang sama setiap siklus produksi, serta belum adanya instruksi kerja verifikasi hasil *caulking* secara berkala.

Pembahasan

Berdasarkan dua akar penyebab yang telah teridentifikasi, diajukan dua usulan perbaikan yang saling melengkapi. Pertama, modifikasi konstruksi *jig* dari tipe *solid block* tunggal menjadi sistem *bushing insert* yang dapat dilepas-pasang (*replaceable bushing*) pada titik-titik kontak yang rawan mengalami gesekan tinggi, yaitu *shaft guide* dan *stopper*. *Bushing insert* ini diusulkan menggunakan material SKD11, yang memiliki ketahanan terhadap keausan (*wear resistance*) lebih tinggi dibandingkan material *jig existing* (S45C), sehingga apabila terjadi keausan, penggantian dapat dilakukan secara parsial pada bagian *bushing* saja tanpa harus mengganti seluruh *block jig*.



Gambar 3. 2 Usulan *Design Jig*

Kedua, pembuatan *checksheet* verifikasi hasil *caulking* sebagai dokumen kontrol proses resmi yang wajib diisi oleh operator pada setiap pergantian *shift*, mencakup parameter seperti posisi *center punch* terhadap *shaft*, diameter dan kedalaman hasil *caulking*, serta kedudukan komponen pada *jig*. *Checksheet* ini berfungsi untuk mendeteksi secara dini deviasi dimensi maupun pergeseran posisi hasil *caulking* sebelum produk berlanjut ke proses berikutnya.

CHECKSHEET VERIFIKASI HASIL CAULKING
(Formulir Verifikasi Hasil Proses)

No. Dokumen: 001-001-001
Revisi: 001

No	Shift	Operator	No. Mesin / Jig	No. Part / Lot	Posisi Center Punch terhadap Shaft (mm)	Diameter Hasil Caulking (mm)	Kedalaman Hasil Caulking (mm)	Kedudukan Komponen pada Jig	Hasil Verifikasi	Revisi / Catatan	Waktu
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											

Mengetahui / Mengetes: (Operator / Supervisor) (Date / Waktu)

Disetujui oleh: (Operator / Supervisor)
Disetujui oleh: (Operator / Supervisor)
Disetujui oleh: (Manajer Produksi)

Gambar 3. 3 Usulan *Checksheet* Verifikasi *Caulking*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Drajat Pangestu, B. Sumartono, and D. W. T. Bhirawa, “ANALISIS PERAMALAN PERMINTAAN PRODUK KIPAS ANGIN DENGAN METODE ARIMA (AUTOREGRESSIVE INTEGRATED MOVING AVERAGE) UNTUK MENENTUKAN PERSEDIAAN SAFETY STOCK DAN SERVICE LEVEL PADA PT. CATUR SUKSES INTERNASIONAL.”
- [2] R. M. P. -, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI KIPAS ANGIN OTOMATIS BERBASIS ESP32 DAN DHT11 UNTUK PENGENDALIAN SUHU RUANGAN,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 2, Apr. 2026.
- [3] S. W. Hong, J. M. Koo, C. S. Seok, J. H. Kang, and I. C. Jang, “Fatigue life prediction of caulking-joined parts,” *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing*, vol. 15, no. 6.
- [4] C. Rodean, L. Dana Beju, and P. D. Brindasu, “Systemic analysis of the caulking assembly process.”
- [5] E. Marsellina, I. Anggraeni, R. Azahra, R. Dianitami, and W. Mardagus, “Diagram Pareto dan Diagram Fishbone: Analisis Penyebab Produk Cacat di Gelato Jadoel Bogor,” *Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, vol. 4, no. 6, 2025.
- [6] V. Methalina Afma, A. Merjani, and F. P. Ayu, “PENGURANGAN CACAT ASSEMBLY MODEL M370 DENGAN PENDEKATAN RCA (ROOT CAUSE ANALYSIS) DAN FTA (FAULT TRR ANALYSIS) (STUDI KASUS : PT.SHIMANO BATAM),” *Sigma Teknika*, vol. 6, no. 1, pp. 60–076, 2023.
- [7] A. M. Doggett, “Root Cause Analysis: A Framework for Tool Selection,” 2005.
- [8] “Penerapan Metode Double Ishikawa dan 5 Whys Analysis Dalam Analisis Kecelakaan Loading Unloading Billet Baja,” *Journal of Safety, Health, and Environmental Engineering*, May 2025.
- [9] H. Murnawan, “PERENCANAAN PRODUKTIVITAS KERJA DARI HASIL EVALUASI PRODUKTIVITAS DENGAN METODE FISHBONE DI PERUSAHAAN PERCETAKAN KEMASAN PT.X,” *Jurnal Teknik Industri HEURISTIC*, vol. 11, no. 1, 2014.