

Analisa Kegagalan Pembuatan *Tempered Glass* Pada Unit *Tempered Tamglass* Dengan Metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA)

Deya Aulia Annisa^{1*}, Soeparno Djiwo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Kaca Pengaman
Tempered Glass
Mesin *Tempered*
Analisa Kegagalan
FMEA

ABSTRAK

Dalam proses produksi kaca pengaman diperkeras (*tempered safety glass*) pada PT.X, sering terjadi cacat produksi yang dapat memengaruhi kualitas produk akhir. Salah satu cacat yang paling sering ditemukan adalah kerusakan pada permukaan kaca akibat distribusi suhu yang tidak merata selama proses *tempering*. Hal ini disebabkan oleh ketidakseimbangan sistem pemanasan dan pendinginan pada mesin *tempering* kaca. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab kegagalan dalam proses *tempering* dengan menggunakan metode *failure mode and effects analysis* (FMEA). Metode FMEA digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan kritis, menganalisis penyebabnya, dan menentukan *risk priority number* (RPN) sebagai dasar prioritas tindakan perbaikan dengan menganalisis kegagalan berdasarkan *downtime* mesin dan cacat produk. Ditemukan bahwa distribusi suhu yang tidak merata menjadi masalah yang membutuhkan perhatian lebih lanjut. Hasil penelitian ini memberikan rekomendasi *preventive maintenance* yang efektif berbasis data yang bertujuan untuk mengurangi tingkat *reject* dan meningkatkan kinerja mesin *tempering*. Dengan demikian, implementasi langkah perbaikan yang diusulkan diharapkan dapat membuat hasil produksi kaca dari mesin *tempered* yang baik dan proses produksi berjalan dengan lancar.

* Corresponding author:

Deya Aulia Annisa (email: deyaaulia021@gmail.com)

Diterima: 12 Agustus 2025

Disetujui: 16 September 2025

Dipublikasikan: 11 November 2025

1 Pendahuluan

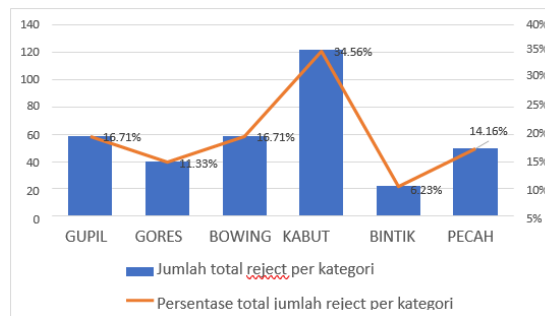
Kaca merupakan material penting yang telah digunakan manusia selama ribuan tahun dalam berbagai bidang, mulai dari rumah tangga hingga konstruksi dan otomotif [1], [2]. Salah satu jenis kaca yang banyak digunakan adalah kaca pengaman, terutama kaca *tempered*, yang memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap benturan maupun perubahan suhu ekstrem. Kaca *tempered* diproduksi melalui proses pemanasan hingga suhu 620–680 °C dan didinginkan secara cepat (*quenching*), sehingga menciptakan tegangan tekan pada permukaan dan tegangan tarik di bagian dalam kaca [3]. Hal ini membuatnya 4–5 kali lebih kuat dibandingkan kaca biasa dan, saat pecah, hancur menjadi butiran kecil yang tidak membahayakan [4]. Oleh karena itu, kaca ini banyak diaplikasikan pada pintu *frameless*, kendaraan, dan perangkat elektronik yang memerlukan standar keamanan tinggi. Namun, dalam proses produksinya, masih sering ditemukan cacat seperti kabut, *bowing*, atau pecah akibat distribusi suhu yang tidak merata selama proses *tempering*. Ketidakseimbangan sistem pemanasan dan pendinginan menjadi salah satu penyebab utama, yang berdampak langsung pada mutu produk. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis potensi kegagalan dalam proses *tempering* menggunakan metode *failure mode and effects analysis* (FMEA), dengan fokus pada komponen kritis dan data *reject* produksi. Melalui pendekatan ini, diharapkan dapat ditentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) dan disusun strategi *preventive maintenance* yang efektif guna meningkatkan keandalan mesin *tempering* serta menurunkan tingkat produk cacat di PT. X.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan melakukan *survey* langsung kelapangan untuk memperoleh data yang dapat membantu mengidentifikasi proses kegagalan yang terjadi, seperti data *reject* produksi, data *downtime* mesin, data *preventive maintenance* dan data kegagalan proses mesin *tempered*. Kegagalan perlu dicegah dengan cara menerapkan suatu metode atau teknik yang sudah teruji penggunaannya dalam meningkatkan daya operasi proses termasuk seluruh komponen yang ada di dalamnya seperti manusia, teknologi, mesin dan lain sebagainya. Teknik yang dapat digunakan adalah analisis modus kegagalan dan dampak (*failure modes and effects analysis - FMEA*). FMEA adalah sebuah teknik rekayasa yang digunakan untuk menetapkan, mengidentifikasi, dan untuk menghilangkan kegagalan yang diketahui, permasalahan, *error*, dan sejenisnya dari sebuah sistem, desain, proses, dan atau jasa sebelum mencapai konsumen [5]. Singkatnya, teknik yang digunakan untuk meningkatkan keandalan dan keamanan suatu proses dengan cara mengidentifikasi potensi kegagalan atau modus kegagalan pada proses tersebut. Pada FMEA modus kegagalan tersebut dinilai dengan tiga parameter, yaitu keparahan (*severity - S*), kemungkinan terjadinya (*occurrence - O*), dan kemungkinan kegagalan deteksi (*detectability - D*). Ketiga parameter tersebut nanti digunakan untuk menentukan kekritisan dari suatu kegagalan. Gabungan dari tiga parameter tadi disebut dengan *risk priority number (RPN)*.

$$RPN = Severity \times Occurrence \times Detection \quad (1)$$

3 Hasil dan Pembahasan



Gambar 1 Hasil pengujian reject produksi

Pada Grafik 1 diketahui bahwa jenis cacat dominan adalah kabut (34,56%), disebabkan oleh distribusi suhu yang tidak merata selama pemanasan. Gupil dan bowing masing-masing menyumbang 16,71%, sedangkan cacat pecah disebabkan oleh mikroretakan akibat tegangan termal berlebih.

Tabel 1 Data downtime mesin tempered 2

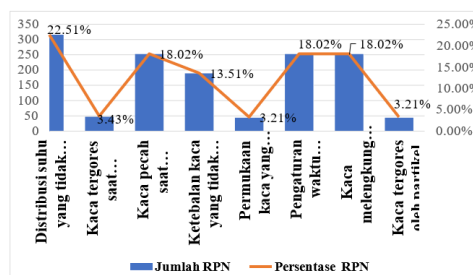
DOWNTIME TEMPERED 2 01/01/24 – 20/9/24		
Tanggal	Keterangan	Status
8/1/2024	Ganti kontaktor	Mesin berhenti
15/1/2024	Slang angin HB bocor	Mesin jalan
17/1/2024	Tekanan angin terlalu rendah	Mesin berhenti
25/1/2024	Ganti kontaktor	Mesin berhenti
1/2/2024	Ganti keflar ciller	Mesin berhenti
5/2/2024	Perbaikan roller ciller	Mesin berhenti
7/2/2024	Ganti keflar	Mesin berhenti
19/2/2024	Mesin error (loading dalam)	Mesin berhenti
20/2/2024	Mesin error (loading kaca berhenti)	Mesin berhenti
21/2/2024	Kaca keluar jalur di dalam tungku	Mesin berhenti
14/3/2024	Sensor loading error	Mesin berhenti
18/3/2024	Loading tungku error	Mesin berhenti
25/3/2024	Roll keflar rusak	Mesin berhenti
21/3/2024	Roll tungku macet satu	Mesin berhenti
22/5/2024	Roll tungku macet satu	Mesin berhenti
29/5/2024	Ganti kontaktor	Mesin berhenti
5/6/2024	Perbaikan selang angin blower	Mesin berhenti
24/6/2024	Perbaikan gear sebelah tungku	Mesin berhenti
10/7/2024	Roll keflar blower lepas	Mesin jalan
31/7/2024	Kaca retak ditungku mesin	Mesin berhenti
20/9/2024	Ganti roda roll tungku	Mesin berhenti

Berdasarkan analisa pada tabel 1 sebagian besar downtime bersifat ringan dan tidak signifikan terhadap waktu produksi atau tidak menyebabkan downtime yang lama, namun perawatan mesin masih bersifat reaktif, sehingga penurunan kualitas sering tidak terdeteksi.

Tabel 2 Jadwal preventive maintenance tempered 2

Maintenance 1 Bulanan				
No.	Item-item Pemeriksaan	Normal	Tidak Normal	Keterangan
1.	Loading Conveyor			
2.	Unloading conveyor			
3.	Roller keramik			
4.	Sambungan flexibel blower			
5.	Round belt conveyor			
6.	Bearing belt conveyor			
7.	Bearing unloading conveyor			
8.	Rantai loading conveyor			NORMAL
9.	Rantai unloading conveyor			
10.	Gearbox loading conveyor			
11.	Gearbox unloading conveyor			
12.	Bantalan blower			
13.	Bersihkan panel listrik			
Maintenance 6 Bulanan				
1.	Blower			- Selang blower terdapat bocor
2.	Roda gigi dan rantai penggerak bending			
3.	Bearing dan rantai			
Maintenance Tahunan				
1.	Check oli gearbox			NORMAL
2.	Isi ulang grease pada bearing			

Berdasarkan hasil analisa Tabel 2 jadwal Preventive maintenance Tempered 2, Jadwal perawatan belum mencakup kalibrasi suhu atau inspeksi elemen pemanas secara rutin. Kebocoran pada blower juga menjadi penyebab tekanan udara yang tidak optimal, berdampak pada pendinginan kaca.



Gambar 2 Hasil perhitungan RPN

Pada grafik 2 diatas diketahui, Distribusi suhu yang tidak merata memiliki RPN tertinggi sebesar 315 (22,51%), menunjukkan bahwa tahap pemanasan adalah paling kritis. Penyebab utama termasuk elemen pemanas yang menurun kinerjanya, kurangnya kalibrasi, dan kerusakan blower.

Saran perbaikan mencakup kalibrasi sensor suhu bulanan, inspeksi heating element dan blower dua bulanan, serta pembersihan oven. Strategi ini diharapkan mampu menurunkan tingkat cacat dan meningkatkan keandalan sistem tempering.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data reject, downtime, preventive maintenance, dan FMEA pada mesin tempered 2 Tamglass, dapat disimpulkan bahwa cacat kabut merupakan jenis reject tertinggi (34,56%) yang disebabkan oleh distribusi suhu tidak merata pada proses pemanasan. Meskipun gangguan operasional bersifat ringan dan jarang menyebabkan downtime signifikan, terdapat potensi kegagalan laten yang berdampak pada kualitas produk. Sistem preventive maintenance saat ini belum mencakup tindakan khusus terhadap sistem pemanas, terutama kalibrasi suhu. Distribusi suhu yang tidak merata tercatat sebagai potensi kegagalan tertinggi dengan nilai RPN 315. Oleh karena itu, perbaikan difokuskan pada peningkatan sistem kontrol suhu dan kalibrasi sensor, serta penerapan Risk-Based Maintenance yang mengacu pada hasil FMEA dan prinsip ISO 17359.

5 Referensi

- [1] Mediastika, C. E. Kaca untuk Bangunan. Andi offset. Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. 2019
- [2] Lestari, L. & Alhamdani, M. R. Penerapan Material Kaca dalam Arsitektur. Jurnal Langkau Betang, Untan. 2014
- [3] Adryanta. Kaca Sebagai Struktur pada Bangunan. Departemen Arsitektur, Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Depok, Jakarta, hal.15. 2008
- [4] Balaji. *Skilled Man Power Training Manual for Glass Processing industry. Federation of Safety Glass*. New Delhi, Hal.25. 2011
- [5] Stamatis, D. H. *Failure Mode and Effects Analysis: FMEA from Theory to Execution ASQC Quality*. Milwaukee. 1995
- [6] Alijoyo, A. *Failure Mode Effects Analysis: Analisa Modus kegagalan dan Dampak*. Center for Risk Management & Sustainability. Bandung, hal.14. 2020
- [7] Ariyanty, R. Penerapan Metode FMEA dan FTA dalam Mengidentifikasi Penyebab Kerusakan Mesin *Vertical Shaft* pada PT. Prima Karya Manuggal Pangkep, Politeknik ATI Makassar. Kementrian Perindustrian RI. Makassar. 2021
- [8] Astari, R. R., Nurhidayah, & Noordiningsih, K. Implementasi dan Analisis Gap Standar Kaca Pengaman Kereta. Prosiding PPIS 2019. Jakarta Selatan, Hal 251-260. 2019
- [9] De Tomasi, M. *Reflections: Glasston Seeing it Through. Glasston Corporation*. Finland, hal. 1-36. 2008
- [10] Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., & Susanti, S. Perbaikan kualitas produk Keraton Luxury di PT X dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Jurnal Teknik Industri ITENAS 3(3). Bandung. 2015
- [11] Hotsan, B. S., Da Silva, P., Paristiawan, P. A., & Andriyanto, A. Analisis Pecahan Kaca *tempered BZ 321RCB* dengan Variasi Temperatur. Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta, & Pusat Riset Metalurgi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN). Jurnal Ismetek, 14(2), Jakarta Timur. 2022
- [12] Lolay Greyss, F. N. Teknologi bahan bangunan keramik: Kaca. Program Studi Teknik Sipil D3, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Sains dan Teknologi Nasional Jakarta Selatan. Jakarta Selatan. 2019
- [13] Martas, R. S. Peningkatan Sistem Manajemen Pemeliharaan Berdasarkan Analisa Kegagalan Sistem Reaktor Riset Dengan Menggunakan Metode FMEA. Universitas Indonesia. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri. Depok, Jakarta. 2009
- [14] Mauri, L. *Safety Glass: Low-E horizontal tempering technology. Tamglass*. Finland, hal. 101-10. 2005