

Analisis pengendalian kualitas produksi *General Plywood* di PT ABC menggunakan *Six Sigma* dan TRIZ

Ahmad Jayzyuli^{1,*}, Widya Setiafindari²

^{1,2}Fakultas Sains & Teknologi, Program Studi Teknik Industri, Universitas Teknologi Yogyakarta

Article Info

Article history:

Received June 27, 2024

Accepted August 2, 2024

Published August 7, 2024

Keywords:

Six Sigma

TRIZ

FTA

Fishbone

Plywood

ABSTRACT

PT ABC merupakan perusahaan manufaktur pengolahan kayu lapis di kabupaten Temanggung. Permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan adalah adanya produk cacat pada hasil produksi *general plywood* disetiap periode produksi. Untuk mengurangi jumlah produk yang cacat maka dilakukan upaya perbaikan dengan menggunakan metode *six sigma* dan TRIZ untuk mengembangkan ide perbaikan. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui nilai DPMO dan *level sigma*, mengidentifikasi jenis cacat yang terjadi, mengidentifikasi faktor penyebab cacat produk dan menentukan rencana perbaikan pada cacat produk prioritas. Hasil penelitian menunjukkan, didapatkan nilai DPMO rata-rata sebesar 685,416 dan *level sigma* 4,741. Terdapat 23 jenis cacat produk dengan cacat *delaminasi face/back* paling dominan (21,84%). Setelah dilakukan identifikasi dengan *fishbone* dan diagram FTA, beberapa faktor yang menimbulkannya cacat produk adalah faktor manusia, material dan metode. Berdasarkan pencarian solusi menggunakan metode TRIZ didapatkan rencana perbaikan mencakup, melakukan rotasi tugas secara berkala serta mengganti penggunaan micrometer manual dengan digital, meningkatkan pengawasan pre-prosesing dengan cara melakukan sampling bahan sebelum digunakan, penyesuaian komposisi dempul dengan waktu pengeringan agar dempul kering secara maksimal dengan waktu seefisien mungkin dan terakhir menambah jumlah pengoperasian mesin kempa dingin agar standar waktu pengerjaan kempa dingin dapat dicapai.



Corresponding Author:

Ahmad Jayzyuli,
Program Studi Teknik Industri,
Universitas Teknologi Yogyakarta,
Jl. Glagahsari No 63, Umbulharjo, Yogyakarta 55164.
Email: *ahmadjayzyuli1001@mail.com

1. PENGANTAR

PT ABC adalah sebuah industri manufaktur pengolahan kayu lapis yang berlokasi di Kabupaten Temanggung. Perusahaan ini memproduksi berbagai jenis produk kayu lapis, termasuk *block board*, *flor base*, *structural plywood*, dan *general plywood*. Mayoritas produk kayu lapis perusahaan ini diproduksi untuk memenuhi permintaan pembeli dari negara-negara di Asia Timur, terutama untuk tujuan negara Jepang yang memiliki jumlah permintaan cukup tinggi setiap bulannya. Oleh karena itu, perusahaan selalu dituntut untuk terus memperhatikan kualitas produknya agar memenuhi standar kualitas produksi kayu lapsi negara tujuan pembeli.

PT ABC menggunakan sistem produksi *make to order* sehingga proses produksi akan dilakukan apabila permintaan pesanan mencakup jenis dan spesifikasi produk dari pembeli telah diterima oleh perusahaan. Berdasarkan data proses produksi *general plywood* bulan Desember 2023 hingga April 2024 terdapat produk cacat sebesar 40,8 m³ dari total produksi 3,146 m³. Setelah dilakukan perhitungan dan analisis dengan peta kendali-p, diketahui produksi *general plywood* pada bulan April proporsi cacat produk keluar dari garis *upper control limit*, hal ini sejalan dengan kenaikan jumlah produk cacat pada bulan April yang mencapai 11,27 m³.

Berdasarkan analisis dengan diagram pareto diketahui jenis cacat yang paling dominan yaitu cacat *delaminasi face* dan *back* dengan nilai proporsi cacat sebesar 21,84%. Fenomena ini menunjukkan bahwa permasalahan yang terjadi pada lantai produksi perusahaan merupakan permasalahan kualitas sehingga diperlukan tindakan pengendalian kualitas yang berkesinambungan. Oleh karena itu untuk mencegah kerusakan yang dapat timbul pada prose produksi, maka perusahaan perlu melakukan pengendalian kualitas produk secara berkesinambungan agar didapatkan proses produksi yang optimal. Dengan melakukan pengendalian kualitas perusahaan dapat menghindari pemborosan waktu, tenaga, dan bahan dalam memperbaiki produk cacat, membangun reputasi positif yang menguntungkan dalam jangka panjang, serta membantu perusahaan bersaing di pasaran [1].

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan ini adalah dengan menggunakan metode *six sigma* dengan pendekatan DMAIC. *Six sigma* adalah metode terstruktur yang bertujuan untuk meningkatkan proses dengan fokus pada pengurangan variasi atau layanan yang tidak sesuai standar, menggunakan alat statistik dan berbagai alat kualitas lainnya [2]. *Six sigma* dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas suatu produk atau layanan dengan mengikuti pendekatan DMAIC, yang meliputi tahap mendefinisikan masalah, mengukur kinerja saat ini, menganalisis akar penyebab cacat, meningkatkan proses, dan mengendalikan kualitas untuk memastikan tidak ada cacat [3]. Untuk memperoleh rencana perbaikan dalam penelitian ini, peneliti mengintegrasikan konsep *six sigma* dengan metode TRIZ (*Theory of Inventive Problem Solving*). Di dalam industri manufaktur, beberapa kerangka kerja pemecahan masalah yang paling populer meliputi *six sigma*, TRIZ dan TQM [4]. Kelebihan TRIZ sebagai metode untuk mengembangkan solusi kreatif terhadap permasalahan terletak pada kemampuannya untuk mengeliminasi kontradiksi, bukan menggunakan pendekatan konvensional seperti kompromi atau pertukaran pendapat [5]. Metode TRIZ hanya mengandalkan hukum evolusi sistem teknis yang tidak bias sehingga memungkinkan pencarian yang terfokus pada solusi yang memungkinkan [6].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di PT. ABC yang berlokasi di Kabupaten Temanggung, merupakan salah satu perusahaan manufaktur pengolah kayu lapis. Adapun objek yang dijadikan penelitian adalah proses produksi *general plywood* dengan periode produksi bulan Desember 2023 hingga April 2024. Penelitian ini dilaksanakan menggunakan pendekatan metode *six sigma* dengan tahapan DMAIC. Akan tetapi dalam penelitian ini hanya menerapkan sampai tahapan *improve*, sedangkan tahap *control* akan menjadi keputusan perusahaan dalam menerapkan solusi yang ada.

Six Sigma adalah seperangkat pedoman sistematis yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas proses manufaktur secara signifikan dan mengurangi biaya dengan meminimalkan variasi proses dan mengurangi cacat [4]. Metode *six sigma* menggunakan pendekatan lima langkah DMAIC untuk mencapai produksi *zero defect* dan pengurangan variasi dalam proses industri [7]. Meskipun DMAIC bukan satu-satunya metodologi yang digunakan, namun metodologi ini adalah yang paling banyak diadopsi dan diakui [8]. Berikut merupakan tahapan dalam penerapan metode DMAIC pada penelitian ini.

Tahap *define* merupakan langkah pertama dalam metodologi *six sigma* yang berfokus pada identifikasi dan definisi masalah yang ingin dipecahkan. Pada tahap ini dapat meliputi mengidentifikasi permasalahan pada perusahaan, mengidentifikasi karakteristik kritis kualitas produk (*critical to quality*), dan mengidentifikasi proses dengan diagram SIPOC [9].

Tahap *measure* merupakan langkah penting untuk mengetahui kondisi perusahaan saat ini. Melalui pengukuran dan analisis data, akan diperoleh informasi mengenai stabilitas proses, tingkat kinerja dan faktor dominan penyebab kecacatan produk. Langkah yang dilakukan pada tahap ini meliputi analisis peta kendali-p, menghitung nilai DPMO dan nilai level sigma dan menganalisis faktor dominan cacat dengan diagram pareto melalui *software minitab*. Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui peta kendali-p, nilai DPMO dan *level sigma* yaitu:

a. Peta Kendali-P

1) Nilai Proporsi Cacat

$$p = \frac{np \text{ (jumlah defet periode } i)}{n \text{ (jumlah produksi periode } i)} \dots \dots \dots (1)$$

2) Center Line (CL)

$$CL \text{ atau } \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n} \dots \dots \dots (2)$$

3) Upper Control Limit (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots \dots \dots (3)$$

4) Lower Control Limit (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

p = proporsi cacat

\bar{p} = rata-rata proporsi cacat

n = jumlah produk (yang diinspeksi)

b. Nilai DPMO dan *Level Sigma*

- 1) Nilai DPMO dapat dihitung dengan formula 1 berikut.

$$DPO = \frac{\text{Banyaknya cacat yang ditemukan}}{\text{Banyaknya unit yang diperiksa} \times \text{jumlah CTQ}}$$

- 2) Nilai DPO apabila dikalikan dengan konstanta 1.000.000 akan menjadi formula DPMO seperti terlihat pada Formula 2 berikut.

$$DPMO = DPO \times 1.000.000$$

- 3) Menurut [10] untuk mengetahui nilai *level sigma* dapat dilakukan dengan perhitungan formula 2 berikut.

$$\text{Nilai Sigma} = \text{normsinv} \left(\frac{10^6 - DPMO}{10^6} \right) + 1,5$$

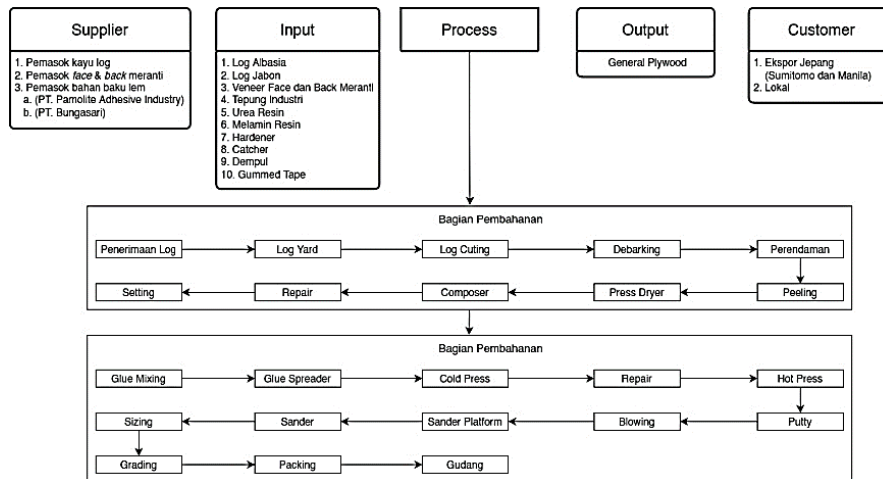
Tahap *analyze* dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis guna mengetahui penyebab permasalahan. Pada tahap ini digunakan alat (*tools*) seperti diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi dan mengorganisir berbagai penyebab potensial dari suatu masalah dalam kategori yang jelas seperti faktor *material, machine, man, method, dan environment*. Diagram sebab akibat atau *fishbone* diagram adalah bagian dari *seven tools* yang digunakan untuk menganalisa penyebab-penyebab dari masalah utama yang terjadi [11].

Selanjutnya dilakukan analisis menggunakan diagram *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk menentukan akar masalah dari kejadian puncak yang telah ditetapkan. *Fault Tree Analysis* (FTA) adalah metode analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi akar penyebab potensi kegagalan atau risiko dalam suatu sistem, sehingga memungkinkan dilakukan upaya untuk mencegah dan menangani kegagalan yang mungkin terjadi [12]. Metode ini memiliki pendekatan top-down, yang berarti analisis dimulai dengan mengasumsikan suatu kegagalan pada kejadian puncak (*top event*) dan kemudian merinci sebab-sebab suatu *top event* sampai pada suatu kegagalan dasar (*root cause*) [13].

Tahap *improve* mencakup pengembangan ide solusi perbaikan dan pemilihan solusi yang paling optimal untuk mencapai hasil terbaik. Tahap ini dilakukan dengan mengembangkan rekomendasi perbaikan yang telah diidentifikasi pada tahap *analyze*. Agar mendapatkan alternatif solusi *improve* yang ideal maka digunakan metode *problem solving* TRIZ. Metode TRIZ merupakan pendekatan pemecahan masalah yang dikembangkan antara tahun 1960 hingga 1980 oleh Genrich Altshuller seorang ilmuwan Rusia. Metode TRIZ hanya mengandalkan hukum evolusi sistem teknis yang tidak bias sehingga memungkinkan pencarian yang terfokus pada solusi yang memungkinkan [6]. Meskipun TRIZ awalnya dirancang untuk inovasi produk, metode ini juga merupakan alat yang sangat baik atau efektif untuk *improvement* atau inovasi proses [14]. Metode TRIZ menggunakan prinsip kontradiksi matriks sebagai analisis awal untuk mencari rekomendasi solusi. Prinsip ini berasal dari teknis persimpangan antara parameter yang meningkat dan parameter yang memburuk [15]. Analisis kontradiksi merupakan pendekatan yang sering digunakan dalam perangkat TRIZ untuk menyelesaikan masalah dengan menghilangkan kontradiksi yang ada [5]. Melalui matriks kontradiksi, pengguna dapat mengidentifikasi prinsip inventif yang sesuai dan selanjutnya mengembangkan ide-ide pemecahan masalah untuk menghasilkan solusi yang ideal.

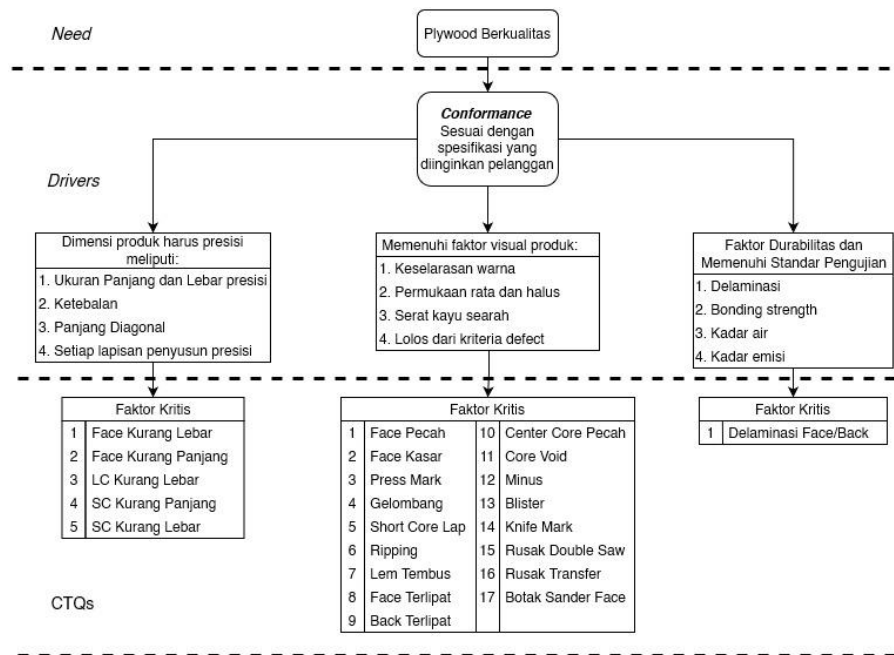
3. HASIL DAN ANALISIS

Tahap *define* adalah langkah pertama dalam metode *six sigma* dengan pendekatan DMAIC. Pada tahap ini dilakukan pembuatan diagram SIPOC untuk menggambarkan proses produksi *general plywood* mulai dari *supplier* bahan baku perusahaan, *input* bahan baku, proses produksi, *output* yang dihasilkan, hingga produk siap dikirim ke *customer* baik lokal atau internasional. Diagram SIPOC ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram SIPOC

Setelah mengidentifikasi aspek penting pada proses bisnis perusahaan menggunakan diagram SIPOC, langkah berikutnya adalah menentukan aspek *critical to quality* dari produk *general plywood*. CTQ adalah elemen penting dalam metodologi *six sigma* bertujuan mengidentifikasi atribut-atribut penting bagi kualitas produk dari perspektif pelanggan. Atribut ini mencakup aspek-aspek yang dianggap penting oleh pelanggan dalam menentukan kualitas produk. Penentuan CTQ mengacu pada data perusahaan dan standar kualitas plywood kemudian diuraikan menggunakan CTQ tree pada gambar 2 dibawah ini.



Gambar 2. CTQ Tree

Dari CTQ Tree yang ditunjukkan pada Gambar 2 diatas, diketahui bahwa terdapat 23 jenis faktor kritis kualitas produk, yang didapatkan dari kriteria jenis cacat untuk produk *general plywood*. Pada tahap *measure* dilakukan perhitungan nilai proporsi cacat produk dengan menggunakan peta kendali p. Kemudian menghitung nilai DPMO dan *level sigma* yang telah dicapai perusahaan dalam memproduksi produk *general plywood*, selanjutnya melakukan perhitungan dan interpretasi data dengan diagram pareto untuk mengetahui tingkat jenis cacat produk tertinggi pada proses produksi *general plywood*.

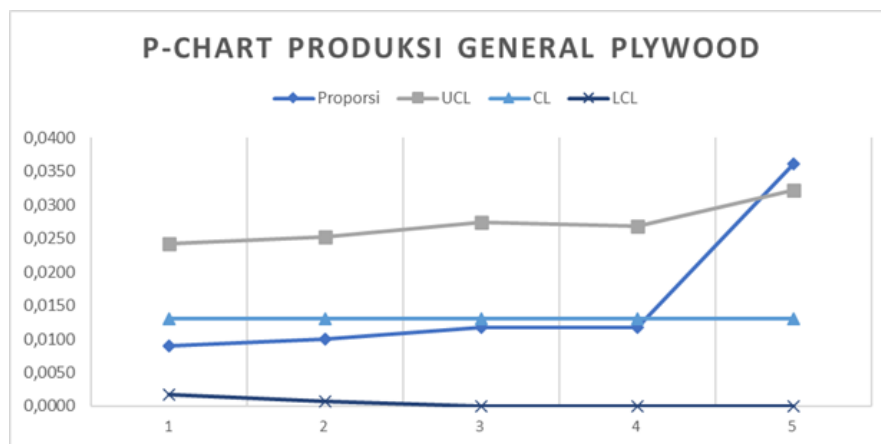
1. Peta Kendali P

Menurut [16] jika dietmukan hasil negatif ($LCL < 0$) dalam perhitungan LCL, maka nilai LCL ditetapkan sama dengan nol. Maka berdasarkan beberapa perhitungan diatas didaoatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perhitungan Peta Kendali P

Periode	Jumlah Produksi (n)	Jumlah Defect (np)	Proporsi Defect (p)	UCL	CL	LCL
Desember	921,90	8,31	0,0090	0,0242	0,0130	0,0018
Januari	765,30	7,70	0,0101	0,0252	0,0130	0,0007
Februari	549,80	6,48	0,0118	0,0274	0,0130	-0,0015
Maret	597,50	7,05	0,0118	0,0269	0,0130	-0,0009
April	311,70	11,28	0,0362	0,0322	0,0130	-0,0063
Σ	3146,20	40,81	0,0788			
\bar{p}	0,0130					
$1-\bar{p}$	0,9870					

Berdasarkan hasil perhitungan tabel diatas kemudian diinterpretasikan kedalam bentuk grafik peta kendali yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Kendali P

Grafik peta kendali yang ditunjukkan pada Gambar 3 diatas menunjukkan bahwa nilai UCL dan LCL berubah setiap periodenya, ini dapat terjadi karena jumlah produksi setiap periodenya mengalami kenaikan dan penurunan (fluktuatif). Kemudian dari grafik peta kendali diketahui nilai proporsi *defect* cenderung mengalami kenaikan setiap periodenya, bahkan pada periode April proporsi *defect* mengalami kenaikan yang cukup signifikan sehingga melewati batas kendali UCL yang telah ditentukan berdasarkan perhitungan data yang diperoleh. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan ini diperlukan langkah-langkah pengendalian kualitas yang tepat dan dapat diterapkan sehingga dapat mengurangi nilai proporsi *defect* yang dihasilkan.

2. Nilai DPMO dan *Level Sigma*

Tabel 2. Nilai DPMO dan *Level Sigma*

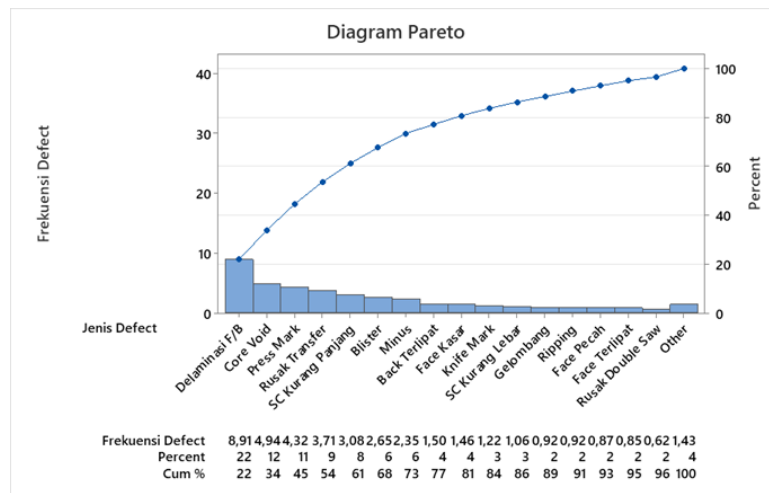
Periode	Unit Diperiksa	Jumlah Kerusakan	CTQ	DPMO	Level Sigma
Desember	921,9	8,31	23	391,97	4,858
Januari	765,3	7,70	23	437,19	4,828
Februari	549,8	6,48	23	512,08	4,784
Maret	597,5	7,05	23	513,01	4,783
April	311,7	11,28	23	1572,8	4,453
	Rata-Rata			685,416	4,741

Berdasarkan perhitungan pada Tabel 2 diatas, diketahui bahwa diperoleh nilai rata-rata *level sigma* adalah 4,741. *Level sigma* tertinggi diperoleh pada periode produksi Desember 2023 dengan nilai sigma sebesar

4,858 sedangkan pada periode produksi April 2024 didapatkan nilai sigma sebesar 4,453 yang merupakan *level sigma* paling rendah dari empat periode sebelumnya.

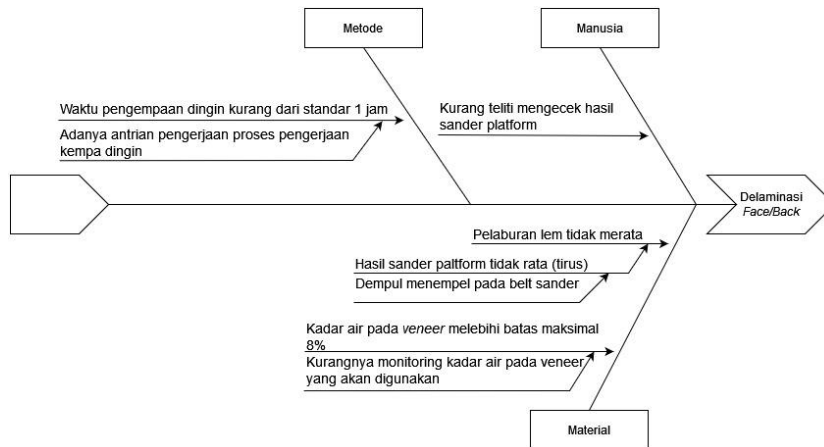
3. Diagram Pareto

Berdasarkan diagram pareto yang ditunjukkan pada Gambar 4, dapat diketahui jumlah cacat dengan nilai terbesar terdapat pada jenis cacat *Delaminasi Face* atau *back* dengan nilai presentase sebesar 21,84% dengan jumlah cacat sebanyak 8,91 m³ dari antara jenis cacat yang lainnya. Kemudian diikuti jenis cacat *core void* dengan nilai presentase sebesar 12,10% dan jumlah cacat sebanyak 4,94 m³. Tingkat cacat tertinggi ketiga adalah pada jenis cacat *press mark* memiliki nilai presentase cacat 10,58% dengan jumlah 4,32 m³.



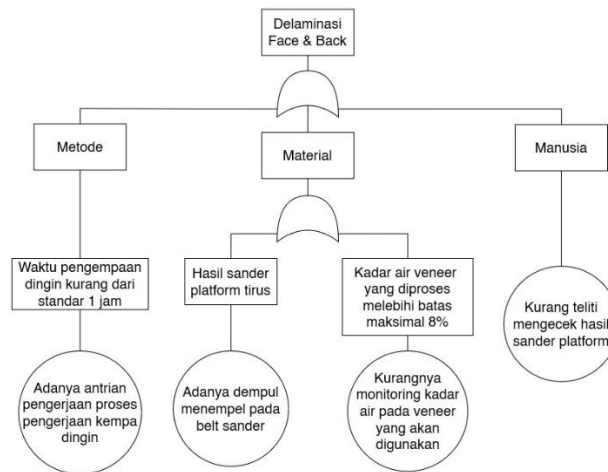
Gambar 4. Diagram Pareto

Dari hasil analisis diagram pareto di atas, diketahui bahwa jenis kecacatan dengan nilai persentase terbesar adalah *delaminasi face/back*. Selanjutnya untuk mengetahui faktor penyebab timbulnya cacat produk, maka perlu dilakukan analisis dan identifikasi menggunakan diagram *fishbone*.



Gambar 5. Diagram Fishbone

Setelah faktor-faktor penyebab timbulnya delaminasi *face/back* diketahui menggunakan diagram *fishbone*, langkah selanjutnya adalah melakukan identifikasi secara detail untuk menemukan akar permasalahannya dengan menggunakan diagram FTA (*Fault Tree Analysis*).



Gambar 6. Diagram FTA

Dengan analisis menggunakan FTA diketahui penyebab terjadinya cacat *delaminasi face/back* disebabkan oleh kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform, kurangnya monitoring kadar air pada veneer yang akan digunakan, adanya dempul menempel pada *belt sander*, adanya antrian bahan untuk dikempa dingin. Berikut merupakan penjelasan dari faktor penyebab cacat *delaminasi face/back*:

1. Faktor Manusia (Kurang teliti mengecek hasil sander platform).
Operator kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform karena proses pengerjaan sander berjalan dengan cepat, sehingga hasil sebelumnya akan tertutup oleh platform berikutnya. Sedangkan alat yang digunakan untuk mengukur menggunakan micrometer manual, sehingga membutuhkan waktu untuk membaca hasil ukuran pada alat tersebut. Dengan waktu proses sander yang cepat pengamatan visual yang mendetail juga cukup sulit dilakukan.
2. Faktor Material (Kurangnya monitoring kadar air pada veneer yang akan digunakan).
 1. Ketika dilakukan pengecekan ulang pada veneer yang akan digunakan dalam proses produksi msaih ditemukan veneer dengan kadar air 9% hingga 11% yang mana nilai ini melebihi batas standar maksimal 8%. Sehingga hal ini dapat mengindikasikan kurangnya monitoring kadar air pada veneer untuk bahan produksi.
 2. Ketika bahan platform yang didempul tebal, dapat menyebabkan proses pengeringan tidak maksimal. Akibatnya, saat keluar dari proses pengeringan, dempul tersebut masih setengah basah. Saat diproses pengampelasan dengan mesin sander, dempul yang belum kering sepenuhnya tersebut menempel pada belt sander, sehingga mengganggu kinerja mesin sander yang akhirnya dapat menyebabkan platform tirus.
3. Faktor Metode (Dempul basah menempel pada belt mesin sander menyebabkan pemakanan sebelah sisi).
Ketika terjadi pekerjaan yang tidak seimbang antar proses *glue spreader* dan mesin kempa dingin penuh (sedang mengempa bahan) sehingga menimbulkan antrian bahan untuk dikempa, sedangkan bahan yang sudah dilaburi lem harus segera diproses kempa. Akhirnya bahan yang sedang dikempa dikeluarkan dari mesin kempa dingin dengan waktu kurang dari standar 1 jam penempaan.

Pada tahap *improve* ini dilakukan pengembangan dan pemilihan solusi yang sesuai. Penentuan rencana perbaikan dilakukan untuk meningkatkan kualitas produk dan *level sigma* proses. Analisis pemecahan masalah dilakukan dengan metode TRIZ, dimana metode ini akan membantu dalam memberikan ide perbaikan. Setelah diketahui akar penyebab permasalahan cacat berdasarkan diagram FTA, kemudian akan dilakukan pengkategorian matrik kontradiksi berdasarkan 39 parameter TRIZ. Terdapat dua faktor yang paling mempengaruhi hasil solusi TRIZ yaitu *improving feture* dan *wrosening feature*. Dari hasil pertemuan kedua parameter yang tepat akan didapatkan solusi terbaik untuk mengurangi jumlah produk cacat dalam produksi *general plywood*.

1) Memahami kondisi yang perlu ditingkatkan

Tabel 3. Kondisi Perbaikan

Faktor	Penyebab	Kondisi yang perlu ditingkatkan		Dampak Peningkatan	
				Negatif	Positif
Manusia	Operator kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform karena banyak platform yang harus dicek dan proses berjalan dengan cepat	Meningkatkan akurasi pengukuran dan mempercepat proses pengecekan ketebalan hasil sander dengan menambah stasiun dan pekerja inspeksi.		Menambah waktu pengerjaan dan biaya operasional produksi.	Memialisir platform rusak setelah proses sander lolos dari pengecekan
	Kurangnya monitoring kadar air pada <i>vener</i> yang akan digunakan	Menambah pekerja atau otomatisasi proses inspeksi agar pengecekan kadar air <i>vener</i> menjadi lebih maksimal		Menambah penggunaan sumber daya energi dan operasioanl produksi	Berkurangnya potensi bahan tidak sesuai standar lolos dari pengecekan
Material	Dempul yang masih basah menempel pada belt mesin <i>sander</i> menyebabkan pemakanan sebelah sisi	Menambah waktu pengeringan setelah proses pendempulan		Menambah waktu proses produksi dan antrian pengerjaan	Dempul menjadi kering lebih maksimal
Metode	Adanya antrian pengerjaan proses pengempaan dingin	Mengoperasikan kembali beberapa mesin kempa dingin sebagai mesin tambahan ketika ada antrian proses		Menambah biaya operasional mesin produksi	Antrian proses pengengerjaan kempa dapat dihindari

2) Klasifikasi Permasalahan Kedalam 39 Parameter TRIZ

Tabel 4. Klasifikasi 39 Parameter TRIZ

Faktor	Penyebab	<i>Improve Feature</i>	<i>Wrosening Feature</i>
Manusia	Operator kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform karena banyak platform yang harus dicek dan proses berjalan dengan cepat	<i>Measurment Accuracy</i>	<i>Productivity</i>
	Kurangnya monitoring kadar air pada <i>vener</i> yang akan digunakan	<i>Reliability</i>	<i>Use of energy by moving object</i>
Material	Dempul basah menempel pada belt mesin <i>sander</i> menyebabkan pemakanan sebelah sisi	<i>Stability of the Object</i>	<i>Loss of time</i>
Metode	Adanya antrian pengerjaan proses pengempaan dingin	<i>Productivity</i>	<i>Use of energy by moving</i>

3) Matriks Kontradiksi TRIZ

Tabel 5. Matriks Kontradiksi

No	<i>Improving Feature</i>	<i>Worsening Feature</i>		
		<i>Productivity</i>	<i>Use of energy by moving object</i>	<i>Loss of time</i>
1	<i>Measurement Accuracy</i>	10, 28, 32		
2	<i>Reliability</i>		21, 11, 19	
3	<i>Stability of the object</i>			35
4	<i>Productivity</i>		35, 10, 38, 19	

4) Solusi dari Prinsip TRIZ Terpilih

Tabel 6. Solusi Perbaikan

Penyebab	Parameter Kontradiksi	Inventive Principle Dipilih	Solusi Ideal
Operator kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform karena banyak platform yang harus dicek dan proses berjalan dengan cepat	<i>Measurment Accuracy x Productivity</i>	(10) <i>Preliminary Action</i> (28) <i>Mechanics Substitution</i>	Melakukan rotasi tugas. Melakukan rotasi tugas secara berkala dengan operator lain, untuk mengurangi rasa jenuh dan lelah. Menggunakan mikrometer elektronik: Mengganti mikrometer manual dengan mikrometer elektronik yang lebih akurat dan mudah digunakan. Meningkatkan pengawasan <i>pre-prosesing</i> : Meningkatkan pengecekan kadar air secara acak pada <i>veneer</i> sebelum dilakukan proses pelaburan lem. Untuk memastikan kadar air pada <i>veneer</i> yang digunakan sesuai dengan standar batas maksimal 8%. Pengecekan acak dilakukan dengan melakukan sampling pada bahan <i>veneer</i> yang akan diproses. Tindakan ini dilakukan dengan menentukan kriteria sampling yang tepat berdasarkan tingkat risiko dan toleransi yang dapat diterima.
Kurangnya monitoring kadar air pada <i>veneer</i> yang akan digunakan pada proses produksi	<i>Reliability x Use of energy by moving object</i>	(21) <i>Skipping</i>	Penyesuaian komposisi atau spesifikasi dempul: Menyesuaikan waktu pengeringan dempul dengan jenis dempul, suhu pengeringan, dan ketebalan dempul yang digunakan. Dengan melakukan pengujian untuk menemukan waktu pengeringan yang optimal untuk menghasilkan dempul yang kering sempurna dengan waktu yang ada.
Dempul basah menempel pada belt mesin sander menyebabkan pemakanan sebelah sisi	<i>Stability of the object x Loss of Time</i>	(35) <i>Parameter Changes</i>	Mengoperasikan mesin kempa tambahan: Mempertimbangkan untuk mengoperasikan mesin mesin <i>cold press</i> tambahan. Untuk membantu menghindari waktu tunggu proses pengerjaan kempa dingin. Dengan diikuti analisis kapasitas mesin untuk menentukan jumlah pengoperasian mesin kempa dingin yang optimal.
Adanya antrian pengerjaan proses pengempaan dingin	<i>Productivity x Use of energy by movin</i>	(10) <i>Preliminary Action</i>	

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil pengumpulan data, pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Menurut perhitungan DPMO dan nilai *level sigma* perusahaan pada tahap *measure*, didapatkan nilai DPMO rata-rata sebesar 685,416. Maka dapat disimpulkan dalam satu juta kesempatan cacat, terdapat kemungkinan 685 m³ produk yang mengalami cacat. Sedangkan rata-rata nilai sigma yang didapatkan adalah sebesar 4,741. Hal tersebut membuktikan bahwa proses produksi yang dilakukan perusahaan sudah berada diatas rata-rata industri di Indonesia. Oleh karena itu, dengan terus melakukan perbaikan proses produksi untuk meminimalkan produk cacat, nilai sigma perusahaan akan semakin meningkat.
2. Jenis cacat produk yang sering terjadi pada proses produksi *general plywood* adalah jenis cacat *delaminasi face/back* yaitu jenis cacat kegagalan rekatan antara *veneer face/back* dengan lapisan *veneer core* atau platform. Dengan total kerusakan sebanyak 8,91 m³ dan presentase tingkat kecacatannya sebesar 21,84% terhadap total produksi.
3. Beberapa faktor yang menyebabkan terjadinya cacat *delaminasi face/back* pada proses produksi *general plywood* adalah faktor manusia (operator kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform), material

(kurangnya monitoring kadar air pada bahan *veneer* yang akan digunakan dan adanya dempul menempel pada belt sander) dan metode (terjadi antrian bahan untuk dilakukan proses kempa dingin).

4. Rekomendasi perbaikan yang dapat diterapkan untuk mengurangi faktor penyebab cacat *delaminasi face/back* pada produk *general plywood*, untuk faktor operator kurang teliti dalam mengecek hasil sander platform adalah melakukan rotasi tugas secara berkala antara operator untuk mengurangi rasa jenuh dan lelah serta mengganti penggunaan *micrometer* manual dengan *micrometer* digital agar proses pengecekan dapat dilakukan secara cepat dengan hasil pengukuran yang lebih akurat. Kemudian faktor kurangnya monitoring kadar air pada bahan *veneer* yang akan digunakan dengan meningkatkan pengawasan pre-prosesing dengan cara melakukan sampling bahan sebelum digunakan. Untuk faktor adanya dempul menempel pada belt sander dilakukan penyesuaian komposisi dempul dengan waktu pengeringan. Terakhir faktor antrian bahan untuk dilakukan proses kempa dingin dengan menambah pengoperasian mesin kempa dingin (*cold press*) tambahan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Asma, F. Handoko, and Kiswandono, "Analisis Statistical Quality Control (SQC) Pada Produksi Roti di Mahkota Bakery," *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, vol. 6, no. 2, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/valtech/article/view/7593>
- [2] U. F. Bittari and Y. Widharto, "Analisis Implementasi Six Sigma Untuk Perbaikan Kualitas Dan Meminimalisir Aktivitas Repair Produk Sepatu Pada Departemen Assembly (Studi Kasus: PT Pelita Tomangmas)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 12, no. 4, Sep. 2023, Accessed: May 30, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/41266>
- [3] A. Z. Saputri and F. N. Azizah, "Quality Control Analysis of Back Lock Product Using Six Sigma Method at PT Artria Widya," *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 113–126, Jan. 2023, doi: [10.46574/motivection.v5i1.197](https://doi.org/10.46574/motivection.v5i1.197)
- [4] M. Sharma, S. Sharma, and S. Sahni, "Structured problem solving: Combined approach using 8d and six sigma case study," *Engineering Management in Production and Services*, vol. 12, no. 1, pp. 57–69, May 2020, doi: [10.2478/emj-2020-0005](https://doi.org/10.2478/emj-2020-0005)
- [5] I. Ekmekci and E. E. Nebati, "Triz Methodology and Applications," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2019, pp. 303–315. doi: [10.1016/j.procs.2019.09.056](https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.056)
- [6] P. Livotov and V. Petrov, *TRIZ Innovation Technology. Product Development and Inventive Problem Solving. Handbook*. 2023.
- [7] A. Mittal, P. Gupta, V. Kumar, A. Al Owad, S. Mahlawat, and S. Singh, "The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, Mar. 2023, doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e14625](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625)
- [8] A. L. C. Guevarra, Y. T. Prasetyo, A. K. S. Ong, and K. A. Mariñas, "Employees' preference analysis on lean six sigma program coaching attributes using a conjoint analysis approach," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, Jul. 2023, doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e17846](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17846)
- [9] D. Zahra Wati and dan Pringgo Widyo Laksono, "Metode Six Sigma sebagai Solusi Peningkatan dan Pengendalian Kualitas Proses Produksi KKBW 480 di PT INKA Persero," 2022.
- [10] A. N. Furqon and A. Z. Al-Faritsy, "Usulan Perbaikan Kualitas Produk Rantai Boiler Menggunakan Metode Six Sigma dan TRIZ," *Jurnal Nusantara of Engineering*, vol. 06, no. 01, pp. 17–26, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.unpkediri.ac.id/index.php/noe>
- [11] L. Permono, L. A. Salmia, and R. Septiari, "Penerapan Metode Seven Tools Untuk Pengendalian Kualitas Produk (Studi Kasus Pabrik Gula Kebon Agung Malang)," *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, vol. 5, no. 1, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.itn.ac.id/index.php/valtech/article/view/4505>
- [12] E. Nugraha and R. M. Sari, "Analisis Defect dengan Metode Fault Tree Analysis dan Failure Mode Effect Analysis," *Organum: Jurnal Saintifik Manajemen dan Akuntansi*, vol. 2, no. 2, pp. 62–72, 2019, doi: [10.35138/organum.v2i2.58](https://doi.org/10.35138/organum.v2i2.58)
- [13] V. Kartikasari and H. Romadhon, "Analisa Pengendalian dan Perbaikan Kualitas Proses Pengalengan Ikan Tuna Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) Studi kasus di PT XXX Jawa Timur," *Journal of Industrial View*, vol. 1, no. 1, pp. 1–10, 2019, doi: [10.26905/2999](https://doi.org/10.26905/2999)
- [14] V. Sojka and P. Lepšík, "Use of triz, and triz with other tools for process improvement: A literature review," *Emerging Science Journal*, vol. 4, no. 5. Ital Publication, pp. 319–335, 2020. doi: [10.28991/esj-2020-01234](https://doi.org/10.28991/esj-2020-01234)
- [15] R. C. Nugraha and K. Haryono, "Metode TRIZ Untuk Meningkatkan Kreativitas Dan Inovasi Pada Bidang Bisnis dan Manajemen Melalui Aplikasi Berbasis Mobile," *AUTOMATA*, vol. 3, no. 2, 2022.
- [16] P. Rahayu and J. Supono, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode Statistical Quality Control (SQC) Pada Divisi Curing Plant D PT Gajah Tunggal, Tbk," *Universitas Muhammadiyah Tangerang*, vol. 9, no. 1, pp. 81–91, 2020, doi: [10.31000/jt.v9i1.2278](https://doi.org/10.31000/jt.v9i1.2278)