Jurnal SENOPATI

Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering

Jurnal homepage : ejurnal.itats.ac.id/senopati

Usulan Perbaikan Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma pada Produk *"Blackstone XG 73 White"* di PT. Aerrostar Indonesia

Annisa Clara Dwi Cahyanti[1], Johnson Saragih[2], dan Anik Nur Habyba[3]

[1,2,3]Jurusan Teknik Industri, Universitas Trisakti, Jl. Kyai Tapa No. 1 Grogol, Jakarta Barat, Jakarta, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Halaman:
92 – 104

Tanggal penyerahan:
27 Agustus 2024

Tanggal diterima:
18 Maret 2025

Tanggal terbit:
30 April 2025

EMAIL

[1]annisaclaradc@gmail.com

[2]johnson_saragih@trisakti.ac.id

[3*]anik@trisakti.ac.id

ABSTRACT

PT Aerostar Indonesia is a manufacturing company that produces shoes in Indonesia. Based on historical data from September to November 2021, the average percentage of defects per month is 8.2%, exceeding the company's tolerance limit of 5%, so a proposed improvement is made on the "Blackstone XG 73 White". Quality improvement is needed to improve product quality to meet consumer needs. This study applied the Six Sigma method with the DMAIC methodology. The define stage uses SIPOC and CTQ to identify processes and defects. In the measuring stage, the c-chart is calculated, and the DPMO value is 26135.11. Also, the sigma level is 3.440, which means it has the potential to be increased to reach Six Sigma. The analysis stage uses FMEA and concludes two priorities: the causes of wrinkle defect (the lasting process is incorrect) and the sewing not being neat (the operator is not careful). Furthermore, FTA is used to identify the root cause of failure. The highest basic event probability is 0.2333, which is the root cause of the failure; namely, there is no inspection SOP. The proposed improvement is making an SOP to check the sewing process and train operators. This research is expected to reduce the percentage of defective products and improve the quality of "Blackstone XG 73 White" products.

Keywords: *Defective Product, Six Sigma, DMAIC, Failure Mode Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FMEA)*

ABSTRAK

PT Aerostar Indonesia merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi sepatu di Indonesia. Berdasarkan data historis bulan September sampai dengan November 2021, rata-rata presentase cacat per bulan sebesar 8,2%, melebihi batas toleransi perusahaan sebesar 5%, sehingga dilakukan usulan perbaikan pada *"Blackstone XG 73 White"*. Diperlukan adanya perbaikan kualitas untuk meningkatkan kualitas produk agar sesuai dengan kebutuhan konsumen. Penelitian ini menerapkan metode Six Sigma dengan metodologi DMAIC. Tahap define menggunakan SIPOC dan CTQ untuk mengidentifikasi proses dan cacat. Pada tahap measuring dilakukan perhitungan c-chart dan diperoleh nilai DPMO sebesar 26135,11. Selain itu, level sigma sebesar 3,440 yang berarti berpotensi untuk ditingkatkan hingga mencapai Six Sigma. Tahap analysis menggunakan FMEA dan menyimpulkan dua prioritas yaitu penyebab cacat kerut (proses lasting tidak tepat) dan jahitan kurang rapi (operator kurang teliti). Selanjutnya dilakukan FTA untuk mengidentifikasi akar penyebab kegagalan. Probabilitas kejadian dasar tertinggi adalah 0,2333 yang merupakan akar penyebab kegagalan, yaitu tidak adanya SOP pemeriksaan. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan adalah membuat SOP untuk memeriksa proses menjahit dan melatih operator. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi persentase produk cacat dan meningkatkan kualitas produk *"Blackstone XG 73 White"*.

Kata kunci: *Produk Cacat, Six Sigma, DMAIC, Failure Mode Effect Analysis (FMEA), Fault Tree Analysis (FMEA)*

PENDAHULUAN

Perkembangan industri 4.0 mengharuskan perusahaan dapat bersaing dengan pesaingnya dalam mempertahankan konsumen. Kualitas produk merupakan salah satu faktor penting agar tetap bertahan dalam persaingan pasar. Perusahaan harus melakukan pengendalian kualitas selama proses produksi yang dilakukan. Apabila dalam proses produksi ditemukan produk cacat maka perlu dilakukan perbaikan kualitas. Perbaikan kualitas dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Six Sigma*. *Six Sigma* merupakan pendekatan statistik yang dapat digunakan memperkuat rancangan manajemen kualitas dalam memperbaiki proses produksi [1], [2]. *Six Sigma* dapat lebih baik jika diperkuat dengan metode yang mampu mengekplorasi kegagalan proses yang terjadi seperti *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dapat membantu mengidentifikasi, mengevaluasi dan menganalisis risiko kegagalan proses yang menyebabkan kececatan produk [3], [4]. Penelitian sebelumnya mengenai analisis penyebab kecacatan produk sepatu terrex ax2 goretex menggunakan metode FTA dan FMEA. FMEA terbukti mampu digunakan untuk mengidentifikasi prioritas perbaikan kegagalan berdasarkan *Risk Priority Number* (RPN) [5]. Selanjutnya, penelitian sebelumnya mengenai pengendalian kualitas produk sepatu wanita menggunakan FMEA dan FTA. FTA terbukti mampu untuk mencari akar permasalahan dari kegagalan berdasarkan urutan RPN [6].

PT Aerrostar Indonesia adalah perusahaan manufaktur yang memproduksi berbagai macam sepatu. Produk yang dihasilkan diantaranya yaitu *Blackstone* dan *Rossi*. Perusahaan Aerrostar Indonesia menerapkan sistem *make to order* untuk menjalankan proses produksi. Pemeriksaan dilakukan pada lini produksi bagian *assembling* dikarenakan pada lini tersebut menghasilkan jumlah kecacatan yang banyak dibandingkan dengan lini *stitching* dan *finishing*. Penelitian difokuskan pada produk *"Blackstone XG 73 White"* karena permintaan yang cukup tinggi serta memiliki persentase produk cacat yang tinggi dengan rata-rata presentase cacat perbulan sebesar 8,2% dibandingkan dengan produk *Rossi 795 ST* yaitu sebesar 4,8%. Tabel 1 dan 2 merupakan data historis bulan September 2021 hingga November 2021.

Tabel 1. Presentase Produk Cacat *"Blackstone XG 73 White"* bulan September 2021 – November 2021

Periode	Jumlah Produksi / bulan	Jumlah Produk Cacat / pasang	Presentase Produk Cacat
September 2021	582	37	6,4%
Oktober 2021	987	105	10,7%
November 2021	650	49	7,5%
Rata-rata presentase cacat/ bulan			**8,2%**

Tabel 2. Presentase Produk Cacat *Rossi 795 ST* bulan September 2021 – November 2021

Periode	Jumlah Produksi / bulan	Jumlah Produk Cacat / pasang	Presentase Produk Cacat
September 2021	535	20	3,7%
Oktober 2021	550	32	5,8%
November 2021	510	24	4,7%
Rata-rata presentase cacat/ bulan			**4,8%**

Perusahaan memiliki toleransi produk cacat sebesar 5%. Rata-rata presentase cacat perbulan pada *Rossi 795 ST* berada dibawah batas toleransi perusahaan, sehingga penelitian difokuskan pada *"Blackstone XG 73 White"* yang memiliki rata-rata persentase produk cacat perbulan melebihi toleransi perusahaan. Kualitas merupakan faktor penting pada sebuah produk untuk menarik perhatian konsumen terhadap suatu produk. Kualitas memiliki arti kesesuaian dengan penggunaan [7]. Kualitas sebuah produk harus dijaga dan ditingkatkan untuk meningkatkan kepuasan konsumen sehingga proses produksi harus mencapai hasil ideal atau *zero defect*. Apabila kualitas produk yang diinginkan konsumen tidak tercapai, maka perlu dilakukan perbaikan [8]. Pengendalian kualitas adalah kegiatan yang dilakukan untuk memastikan kegiatan produksi berjalan dengan apa yang sudah

direncanakan, apabila terjadi penyimpangan maka dapat dilakukan koreksi untuk mencapai harapan yang telah ditentukan yaitu memenuhi kepuasan konsumen [9].

Six sigma merupakan metodologi yang dapat digunakan untuk memperbaiki proses dengan mengidentifikasi penyebab cacat dan meminimalkan jumlah cacat sehingga meningkatkan kualitas hasil produksi. Tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) juga digunakan untuk meningkatkan kualitas produksi dan mencapai target *six sigma*. Penjelasan untuk setiap tahap DMAIC yaitu [10]:

1) *Define*, pada tahap ini mengidentifikasi proses, masalah, kebutuhan konsumen, dan tujuan dari kegiatan perbaikan. Pada tahap *define* ini menggunakan *tools* pendukung yaitu diagram SIPOC digunakan untuk mengidentifikasi alur proses produksi dan CTQ digunakan untuk mengidentifikasi cacat yang terjadi pada produk.
2) *Measure,* pada tahap *measure* dilakukan pengukuran pada sistem yang sudah ada dan data yang diamati di perusahaan. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan peta kendali C, perhitungan DPMO (*Defect per Million Opportunity*) dan tingkat sigma.
3) *Analyze, p*ada tahap *analyze* dilakukan identifikasi proses, penyebab kegagalan dan identifikasi cara-cara untuk menghilangkan kegagalan agar mencapai tujuan yang diinginkan [11].
4) *Improve*, pada tahap *improve* dilakukan usulan perbaikan dari hasil identifikasi pada proses *analyze* sehingga mengurangi terjadinya kegagalan dan kegagalan berada dalam batas toleransi yang sudah ditetapkan.
5) *Control*, pada tahap *control* dilakukan pemantauan pada perbaikan yang telah dilakukan dan melakukan uji data seperti pada tahap measure untuk memastikan apakah tindakan perbaikan meminimasi terjadinya kegagalan dan kegagalan sudah berada dalam batas toleransi.

Berdasarkan penjelasan di atas maka perlu dilakukan perbaikan kualitas untuk menurunkan persentase produk cacat produk *"Blackstone XG 73 White"* di PT Aerrostar Indonesia dengan menggunakan *Six Sigma*. Beberapa tujuan dari penelitian ini sebagai berikut :

1) Mengidentifikasi permasalahan kualitas produk PT Aerrostar Indonesia
2) Mengidentifikasi jenis cacat pada *"Blackstone XG 73 White"*.
3) Menentukan peta kendali yang sesuai untuk melihat apakah proses stabil atau tidak.
4) Menghitung nilai DPMO (*Defect per Million Opportunity*) sebelum dan sesudah usulan perbaikan.
5) Menganalisis akar penyebab kegagalan yang dominan pada proses produksi.
6) Memberikan usulan perbaikan berdasarkan hasil analisis untuk meningkatkan kualitas produk dan mengurangi tingkat kecacatan produk *"Blackstone XG 73 White"* di PT Aerrostar Indonesia.
7) Membandingkan DPMO dan tingkat sigma sebelum dan sesudah implementasi.

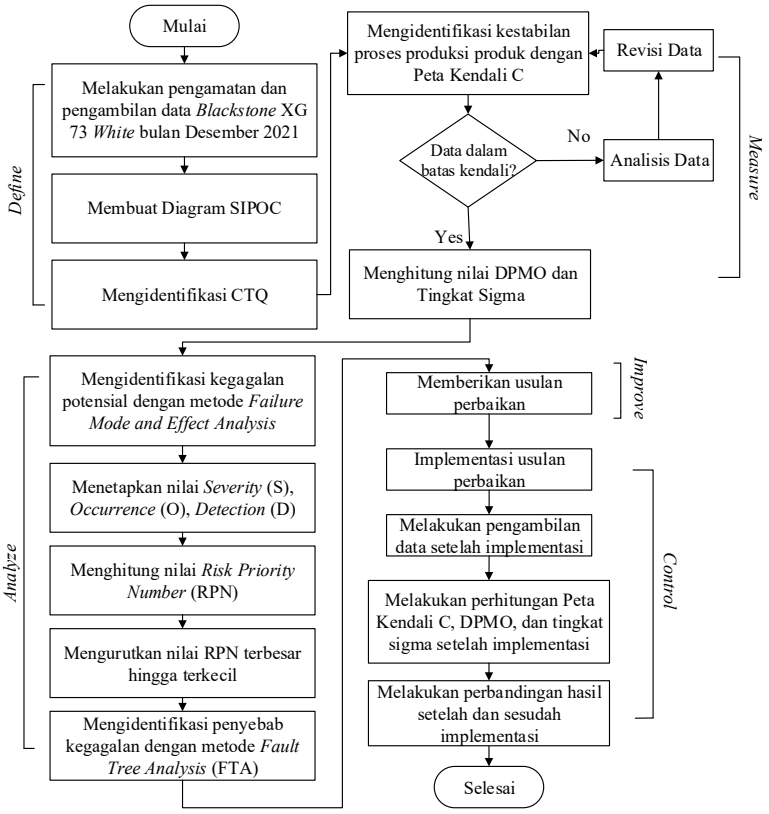
METODE

Penelitian ini dilakukan mengikuti pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dari metodologi *Six Sigma* digunakan sebagai kerangka kerja utama. Penelitian dimulai dengan pengamatan kondisi produk cacat yang perlu diperbaiki sampai didapatkan usulan strategi perbaikan kualitas produk. Objek penelitian berfokus pada proses produksi produk *"Blackstone XG 73 White"* karena merupakan produk yang memiliki tingkat kecacatan paling tinggi daripada jenis produk lainnya. Berbagai data seperti data hasil produksi, data kegagalan, dan data setelah implementasi perbaikan menjadi sumber informasi utama penelitian ini. Gambaran metodologi dapat dilihat pada Gambar 1.

Tahapan penelitian lengkap yang dilakukan sebagai berikut:

1) *Define*, tahap ini mendandai awal proses di mana pengamatan dan pengambilan data terkait produksi *"Blackstone XG 73 White"* dilakukan. Selain itu diagram SIPOC juga dibuat untuk memberikan gambaran lengkap terkait pemasok, masukan, proses, keluaran, dan pelanggan. Hal ini memberikan informasi terkait batasan proses yang terkait produk [12], dalam penelitian ini *"Blackstone XG 73 White"*. Identifikasi CTQ (*Critical to Quality*) juga membantu mengidentifikasi karakteristik kualitas yang penting bagi pelanggan, sehingga perbaikan dapat

dilakukan lebih tepat sasaran dan menjadi variabel dasar untuk mengukur kemampuan proses [13].



Gambar 1. Metodologi Pengolahan Data

2) *Measure*, pada tahap ini dilakukan identifikasi kestabilan proses produksi *"Blackstone XG 73 White"* menggunakan Peta Kendali C. Peta kendali C digunakan karena kecacatan produk *"Blackstone XG 73 White"* adalah cacat atribut. Peta kendali C mampu menangani untuk jumlah sampel produk yang selalu konstan [14]. Analisis data dilakukan untuk memahami kinerja proses, apakah data yang di dapatkan berada di dalam batas kendali. Perhitungan DPMO dan tingkat *Sigma* dilakukan agar didapatkan nilai cacat per juta peluang dan tingkat kapabilitas proses.
3) *Analyze*, pada tahap ini digunakan kombinasi berbagai metode untuk mengetahui penyebab kegagalan produk. *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi penyebab adanya produk cacat pada produk *"Blackstone XG 73 White"*. FMEA sangat populer dan efektif sehingga banyak digunakan untuk membantu identifikasi risiko, dampaknya, dan mengatur tindakan korektif serta pencegahan [15], contohnya dalam kasus perbaikan kualitas produk. Selain itu metode ini mengurutkan permasalahan berdasarkan tingkat keparahan efek yang terjadi [16] menggunakan *Risk Priority Number* (RPN). Nilai ini didapatkan dari perkalian *severity (S), occurrence (O),* dan *detection (D)*. Nilai RPN tertinggi menjadi prioritas yang harus ditindak lanjuti [17]. Selain itu *Fault Tree Analysis* (FTA) juga digunakan untuk sebagai memperkuat penentuan prioritas perbaikan. Metode ini mampu mengidentifikasi akar penyebab kegagalan dari suatu sistem [15]. Pendekatan FTA bersifat *top down*, diawali dengan asumsi kegagalan dari kejadian puncak (*top event*) kemudian dilanjutkan dengan merinci penyebab dari top event sampai pada kegagalan dasar (*root cause*) [18].
4) *Improve*, usulan perbaikan dirumuskan pada tahap ini sesuai dengan prioritas penyebab kegagalan yang ditentukan pada tahapan sebelumnya. Usulan perbaikan yang diberikan disesuaikan dengan kondisi perusahaan yaitu PT Aerrostar Indonesia.

5) *Control*, pada tahap ini dilakukan implementasi usulan perbaikan, pemantauan serta pengambilan data setelah perbaikan. Analisis data setelah implementasi dilakukan sama seperti pada tahap *measure* lalu kedua hasilnya dibandingkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap *Define*

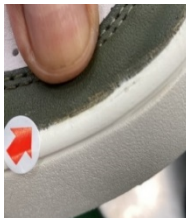
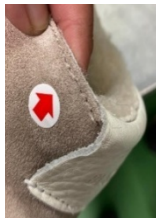
Pada tahap ini dibuat diagram SIPOC (*supplier*, *input*, *process*, *output*, dan *customer)* untuk mengidentifikasikan komponen proses. Diagram SIPOC produk *"Blackstone XG 73 White"* dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Diagram SIPOC

Supplier	*Input*	*Process*	*Output*	*Customers*
Mondopoint	Material	Cek Material	Material	Area *Stitching*
Area *Stitching*	Material	Mempola Komponen	Pola Komponen	Mesin Jahit
Mesin Jahit	Pola Komponen	Menjahit *Quarter* dan Q *lining* ke Q *sponge*	*Upper* bagian *Quarter*	Mesin Jahit
Mesin Jahit	*Upper* bagian *Quarter*	Menjahit *Tongue top*, T *bottom*, T *loop*	*Upper* bagian *Tongue*	Mesin Jahit
Mesin Jahit	*Upper* bagian *Tongue*	Menjahit *Tongue Bottom* ke T *Lining*	*Upper* bagian *Tongue*	Mesin Jahit
:	:	:	:	:
Area *Finishing*	Sepatu lolos inspeksi	Packing	Tumpukan produk sepatu	Gudang Barang Jadi

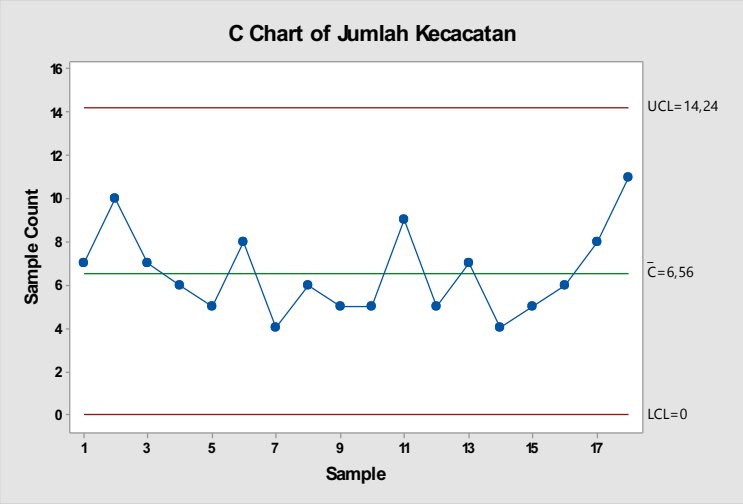
Kemudian membuat *critiqal to quality* (CTQ) untuk mengidentifikasi cacat yang terjadi di perusahaan. Hasil identifikasi CTQ dapat dilihat pada Tabel 4. Terdapat tiga jenis kecacatan berupa wrinkle, lem berlebihan, dan jahitan tidak rapi. Ketiga jenis kecacatan tersebut merupakan cacat atribut.

Tabel 4. *Critiqal to Quality*

Jenis Kecacatan		
Wrinkle	**Lem berlebihan**	**Jahitan tidak rapi**
		
Contoh cacat *wrinkle* pada Sepatu Rossi Terdapat *wrinkle* pada permukaan sepatu.	Lem berlebihan atau meleber hingga keluar *outsole*.	Jahitan pada sepatu tidak rapi yaitu terdapat jahitan yang terloncat, jahitan tidak kuat, tidak pas, tidak lurus, tidak konsisten, dan terdapat benang menggantung.

Tahap *Measure*

Perhitungan peta kendali C dilakukan untuk melihat apakah proses sudah dalam batas kendali sesuai dengan spesifikasi kualitas produk. Pengukuran dilakukan dengan diawali pengumpulan data kecacatan pada pasang sepatu yang ditemukan dari jumlah produksi *"Blackstone XG 73 White"* setiap harinya. Pengambilan data dilakukan selama 18 hari produksi. Pembuatan peta kendali C dimulai dengan perhitungan nilai *Central Line* (CL), *Upper Control Limit* (UCL), dan *Lower Control Limit (LCL)*. Ketiga nilai ini akan menjadi batas toleransi jumlah pasang sepatu cacat untuk setiap data jumlah produksi. Produk yang cacat selanjutnya masuk ke tahap *rework* agar memenuhi standar kualitas. Walaupun *rework* dapat dilakukan namun hal ini harus dihindari karena dapat menaikkan biaya produksi. Beberapa hal yang harus diperhatikan industri dan jika ingin menurunkan biaya meliputi kejadian cacat, pengerjaan ulang (*rework*), dan keluhan pelanggan, klaim garansi, pengembalian, dan perbaikan [19], [20]. Hasil perhitungan data untuk peta kendali C dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Plot Data Peta C

Berdasarkan hasil plot data, data berada dalam batas kendali yang berarti proses produksi terkendali. Data jumlah produk cacat pada hari produksi harus berada di antara UCL (14,24) dan LCL (0), sehingga menunjukkan tidak adanya penyimpangan dan tidak perlu dilakukan revisi terhadap data tersebut. Nilai UCL dan LCL setiap harinya sama dikarenakan perhitungan menggunakan jumlah subgroup dan tidak menghitung dengan jumlah produksinya. Selanjutnya dilakukan perhitungan *Defect per Million Opportunity* (DPMO) dan tingkat sigma. Sebelum perhitungan DPMO maka harus dilakukan perhitungan *Defect per Opportunities* (DPO) dapat dilihat pada persamaan (1).

$$DPO = \frac{Defects}{Unit\ x\ Opprotunities} = \frac{118}{1505\ x\ 3} = 0{,}0261351 \quad \text{.....(1)}$$

Setelah didapatkan nilai DPO sebesar 0,0261351 selanjutnya dapat dilakukan perhitungan DPMO dapat dilihat pada persamaan (2).

$$DPMO = DPO\ x\ 1.000.000 = 26135{,}1 \quad \text{.....(2)}$$

Hasil nilai DPMO sebesar 26135,11 yang berarti peluang terjadinya kecacatan produk yaitu 26135,11 per satu juta kesempatan. Tahap terakhir adalah menghitung tingkat sigma yaitu dapat dilihat pada persamaan (3).

$$Tingkat\ Sigma = NORMSINV\left(\frac{1.000.000 - DPMO}{1.000.000}\right) + 1{,}5 = 3{,}4409 \quad \text{.....(3)}$$

Hasil perhitungan tingkat sigma didapatkan hasil sebesar 3,4409. Hasil ini menunjukkan jika proses produksi memiliki kinerja yang cukup baik, tetapi masih ada ruang untuk perbaikan. Nilai *six sigma* ideal adalah mendekati 6 di mana artinya hanya terjadi 3,4 produk cacat per satu juta kesempatan. Peningkatan nilai sigma setelah perbaikan mengindikasikan kenaikan kinerja proses produksi [21]. Sehingga dengan nilai tingkat sigma sebesar 3,4409 PT Aerrostar Indonesia dapat melakukan perbaikan proses produksi khususnya yang menyebabkan adanya produk cacat "*Blackstone XG73 White"*.

Tahap *Analyze*

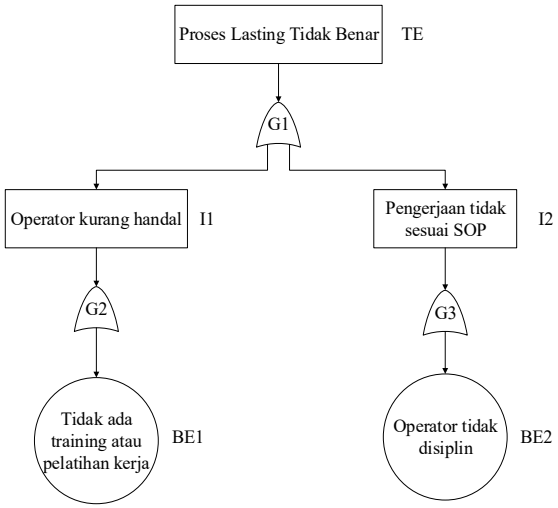
Pada tahap *analyze* dilakukan identifikasi penyebab dan cara-cara untuk menghilangkan kegagalan agar mencapai tujuan yang diinginkan. Pada tahap ini dilakukan dengan menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) digunakan untuk mengidentifikasi penyebab dan mencegah terjadinya kegagalan pada produk dengan mencari prioritas perbaikan yang harus dilakukan terlebih dahulu dari penyebab permasalahan yang terjadi.

Tabel 5. *Failure Mode and Effect Analysis*

No	*Failure Mode*	*Potential Effects of Failure*	S	*Potential Cause of Failure*	O	*Current Process Control*	D	RPN	Rank
1	*Wrinkle*	Produk di*repair*	5	Pengencangan tali sepatu kurang	5	Melakukan pengawasan terhadap operator	5	125	4
				Proses *lasting* tidak benar	8	Melakukan pengawasan terhadap operator	5	**200**	**1**
				Penempelan yang tidak pas	7	Melakukan pengecekan kembali sebelum melakukan penempelan	3	105	7
2	Lem Berlebihan	Produk di*repair*	4	Pemberian lem yang berlebih	7	Melakukan pengawasan terhadap operator	5	140	3
				Pemberian lem yang tidak merata	5	Memberikan pengarahan terhadap operator	6	120	5
				Batas pola pengeleman tidak terlihat jelas	4	Melakukan pengecekan setelah pengerjaan oleh operator	3	48	9
3	Jahitan Tidak Rapi	Produk di*repair*	4	Operator tidak teliti	8	Pengawasan terhadap operator	5	**160**	**2**
				Permasalahan pada mesin jahit	5	Melakukan pengawasan terhadap operator	5	100	8
				Operator kurang handal	6	Melakukan pengawasan terhadap operator	5	120	6

Berdasarkan perhitungan *severity*, *occurance*, dan *detection* ditemukan nilai RPN. Pada penelitian ini diambil 2 nilai RPN tertinggi untuk dilakukan usulan perbaikan. Usulan perbaikan dilihat dari nilai RPN tertinggi karena memiliki tingkat keparahan yang tidak sesuai dengan spesifikasi produk dengan kejadian yang sering berulang. Nilai tertinggi pertama RPN yaitu sebesar 200 dengan penyebab kegagalan yaitu proses *lasting* tidak benar, kemudian nilai RPN tertinggi kedua yaitu sebesar 160 dengan penyebab kegagalan yaitu operator tidak teliti.

Selanjutnya *Fault Tree Analysis* (FTA) dilakukan untuk mencari akar permasalahan yang terjadi pada suatu proses. Setelah diidentifikasi tedapat dua penyebab kegagalan dengan nilai RPN tertinggi pada FMEA, kemudian dilakukan analisa terhadap kedua penyebab kegagalan tersebut dengan menggunakan FTA. Probabilitas kejadian adalah kemungkinan terjadinya *basic event* pada *top event*. Frekuensi kejadian dan *basic event* didapatkan dari asumsi perusahaan selama pengamatan. Frekuensi kejadian adalah kemungkinan banyaknya *top event* terjadi dan frekuensi *basic event* adalah kemungkinan terjadinya *basic event* pada *top event*.



Gambar 3. FTA Proses *Lasting* Tidak Benar

Berdasarkan Gambar 3. dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya proses *lasting* tidak benar dapat terjadi akibat 2 kemungkinan, yaitu operator kurang handal dan pengerjaan tidak sesuai SOP. Kemungkinan yang terjadi akibat operator kurang handal dapat terjadi karena tidak ada *training*

atau pelatihan kerja sedangkan pengerjaan tidak sesuai SOP dapat terjadi akibat operator tidak disiplin. Identifikasi *minimal cut set* proses lasting tidak benar adalah sebagai berikut :

1. *Minimal cut set* dari *Top Event* (TE)
   TE dapat terjadi apabila *Intermediate Event* (I1) atau (I2) terjadi.
2. *Minimal cut set* dari I1
   I1 dapat terjadi apabila *Basic Event* (BE1) terjadi.
3. *Minimal cut set* dari I2
   I2 dapat tejadi apabila BE2 terjadi.

Hasil perhitungan probabilitas basic event disajikan pada Tabel 6. Didapatkan nilai probabilitas kejadian pada basic event 1 yaitu tidak ada training atau pelatihan kerja sebesar 0,1667 dan basic event 2 yaitu operator tidak disiplin dengan nilai sebesar 0,1000.

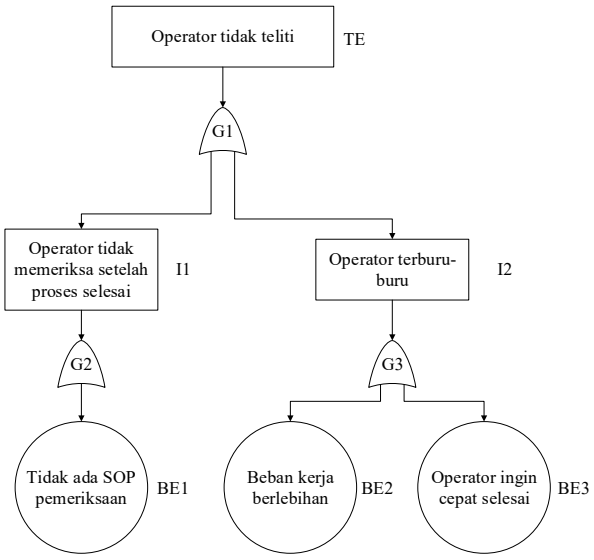
Tabel 6. Probabilitas *Basic Event* Proses *Lasting* Tidak Benar

Simbol	*Basic Event*	Frekuensi *Basic Event (BE)*	Frekuensi Kejadian (n)	Probabilitas Kejadian (BE/n)
BE1	**Tidak ada training atau pelatihan kerja**	**5**	**30**	**0,1667**
BE2	Operator tidak disiplin	3	30	0,1000

Nilai I1 dan I2 sama dengan BE1 dan BE2 karena masing-masing hanya mewakili satu dan tidak ada percanbangan BE (Gambar 3). Selanjutnya perhitungan Probabilitas *Top Event* (TE) dapat dilihat pada persamaan (4).

$$Top\ Event = 1 - \big((1 - I1)x(1 - I2)\big) = 1 - \big((1 - 0{,}1167)x(1 - 0{,}1)\big) = 0{,}25 \quad \text{.....(4)}$$

Selanjutnya untuk prioritas penyebab kegagalan dengan skor RPN tertinggi kedua yaitu operator tidak teliti, juga dilakukan langkah yang sama. Hasil FTA untuk operator tidak teliti dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. FTA Operator Tidak Teliti

Berdasarkan Gambar 4 dapat disimpulkan bahwa penyebab terjadinya operator tidak teliti dapat terjadi akibat 2 kemungkinan, yaitu operator tidak memeriksa setelah proses selesai dan operator terburu-buru. Kemungkinan yang terjadi akibat operator tidak memeriksa setelah proses selesai karena tidak ada SOP pemeriksaan, sedangkan kemungkinan operator terburu-buru terjadi akibat beban kerja berlebihan atau operator ingin cepat selesai. Identifikasi *minimal cut set* operator tidak teliti adalah sebagai berikut:

1. *Minimal cut set* dari TE
   TE dapat terjadi apabila I1 atau I2 terjadi.

2. *Minimal cut set* dari I1
   I1 dapat terjadi apabila BE1 terjadi.
3. *Minimal cut set* dari I2
   I2 dapat tejadi apabila BE2 atau BE3 terjadi.

Tabel 7. Probabilitas *Basic Event* Operator Tidak Teliti

Simbol	*Basic Event*	Frekuensi *Basic Event*	Frekuensi Kejadian	Probabilitas Kejadian
BE1	**Tidak ada SOP pemeriksaan**	**7**	**30**	**0,2333**
BE2	Beban kerja berlebihan	3	30	0,1000
BE3	Operator ingin cepat selesai	4	30	0,1333

Perhitungan I2 dilakukan karena memiliki percabangan BE2 dan BE3. Perhitungan dilakukan pada persamaan (5).

$$I2 = 1 - \big((1 - BE2)x(1 - BE3)\big) = 1 - \big((1 - 0{,}1)x(1 - 0{,}1333)\big) = 0{,}22 \quad \text{.....(5)}$$

Selanjutnya perhitungan Probabilitas *Top Event* (TE) dapat dilihat pada persamaan (6).

$$Top\ Event = 1 - \big((1 - I1)x(1 - I2)\big) = 1 - \big((1 - 0{,}2333)x(1 - 0{,}22)\big) = 0{,}402 \quad \text{.....(6)}$$

Berdasarkan hasil identifikasi *minimal cut set* menggunakan *metode cut set* pada penyebab kegagalan berupa proses lasting tidak benar dan jahitan tidak rapi dapat diketahui nilai probabilitas *basic event*. Usulan perbaikan dilakukan pada akar permasalahan atau *basic event* dengan nilai probabilitas *basic event* tertinggi agar kejadian tersebut tidak terjadi kembali. Lebih lengkap hasil pemilihan basic event dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pemilihan *Basic Event*

Penyebab Kegagalan	*Basic Event*	Probabilitas *Basic Event*
Proses lasting tidak benar	Tidak ada training atau pelatihan kerja	0,1667
Operator tidak teliti	Tidak ada SOP pemeriksaan	0,2333

Basic event yang terpilih dari penyebab kegagalan proses *lasting* tidak benar adalah tidak ada *training* atau pelatihan kerja dengan nilai probabilitas *basic event* sebesar 0,1667 dan pada penyebab kegagalan operator tidak teliti adalah tidak ada SOP pemeriksaan dengan nilai probabilitas *basic event* sebesar 0,2333. Hasil *basic event* tertinggi sebesar 0,233 pada *basic event* berupa tidak ada SOP pemeriksaan karena tidak dilakukan pemeriksaan sebelum dilanjutkan ke proses selanjutnya dan kejadian operator tidak teliti ini sering terjadi akibat tidak ada SOP pemeriksaan. Nilai probabilitas *basic event* ini menunjukan bahwa kemungkinan terjadinya *basic event* tersebut lebih besar dibandingkan yang lain, sehingga perlu dilakukan usulan perbaikan pada *basic event* tersebut.

Tahap *Improve*

Pada tahap *improve* dilakukan usulan perbaikan pada akar permasalahan atau *basic event* agar kejadian tersebut tidak terulang kembali. Dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas produk, mengurangi timbulnya produk yang cacat, dan kegagalan berada dalam batas toleransi yang sudah ditetapkan. Usulan perbaikan dari setiap basic event disajikan pada Tabel 9.

Tabel 9. Usulan Perbaikan

Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Usulan Perbaikan
Proses *lasting* tidak benar	Tidak ada training atau pelatihan kerja	Mengadakan training operator setiap 3 bulan sekali
Operator tidak teliti	Tidak ada SOP pemeriksaan	Membuat SOP pemeriksaan proses penjahitan

Usulan Perbaikan Proses *Lasting* Tidak Benar

Usulan perbaikan dilakukan dengan membuat *training* operator setiap 3 bulan sekali. Tujuan dilakukan perbaikan proses dengan *training* operator setiap 3 bulan sekali untuk meningkatkan keterampilan/*skill* dan wawasan operator serta memperbaiki dan meningkatkan kinerja operator. *Training* operator dibuat karena tidak ada *training* yang dilakukan pada operator di perusahaan. Berikut adalah kegiatan *training* operator pada Gambar 5.

PT. AERROSTAR INDONESIA
TRAINING OPERATOR
Tujuan Training : 1. Meningkatkan skill operator dalam pengerjaan lasting 2. Meningkatkan pengetahuan operator tentang prosedur kerja dan pengoprasian mesin lasting 3. Meningkatkan dan memperbaiki kinerja operator 4. Mengurangi cacat pada proses lasting
Materi Training : 1. Pengetahuan proses lasting 2. Pengetahuan pemakaian mesin lasting 3. Standar kualitas produk 4. Informasi tentang cacat pada proses lasting
Instruktur : Training dilakukan oleh manajer produksi
Alur Training : 1. Pemberian materi 2. Pembinaan operator 3. Pengawasan operator 4. Evaluasi
Tempat dan waktu Pelaksanaan Training : Tempat : Lantai produksi PT. Aerrostar Indonesia Waktu : Setiap 3 bulan sekali

Gambar 5. Kegiatan *Training* Operator

Usulan Perbaikan Operator Tidak Teliti

Usulan perbaikan dilakukan dengan pembuatan SOP pemeriksaan proses penjahitan. Tujuan dilakukan pembuatan SOP pemeriksaan proses penjahitan untuk memeriksa kembali produk yang sudah dijahit, apakah produk tersebut sudah dapat lanjut ke proses selanjutnya untuk mengurangi cacat dan repair pejahitan. SOP pemeriksaan proses penjahitan dibuat karena setelah produk selesai dari suatu proses tidak ada pemeriksaan terlebih dahulu (*double check*) sebelum dilanjutkan ke proses selanjutnya. Sehinga cacat baru dapat ditemukan di bagian inspeksi yang berada di akhir proses, jika cacat ditemukan di awal proses maka dapat langsung di lakukan proses perbaikan sebelum dilanjutkan ke proses selanjutnya. Dengan adanya perbaikan proses tersebut, dibantu dengan adanya SOP pemeriksaan proses penjahitan sehingga pemeriksaan dijalankan dengan terstandar dan penemuan cacat dapat dilakukan terlebih dahulu. Kemudian SOP pemeriksaan penjahitan dibuat untuk membantu mengawasi dilakukannya proses pemeriksaan setelah penjahitan. Perbaikan proses pemeriksaan penjahitan tercantum dalam SOP pada Gambar 6.

PT. AERROSTAR INDONESIA	
STANDARD OPERATING PROCEDURE	
PEMERIKSAAN PROSES PENJAHITAN	
Tujuan : Memeriksa kembali produk yang sudah dijahit sebelum ke proses selanjutnya untuk mengurangi cacat dan repair penjahitan	
Ruang Lingkup : Area Penjahitan	
Prosedur Pelaksanaan :	
1	Periksa warna dan ketebalan benang harus tepat
2	Periksa jahitan harus kuat dan pas, tidak terlalu kencang dan tidak terlalu kendor
3	Periksa jahitan harus lurus dan konsisten
4	Periksa jahitan tidak boleh ada yang loncat
5	Periksa tidak ada benang yang menggantung pada sepatu
6	Periksa tidak ada bekas tusukan/lubang jarum
7	Periksa panjang jahitan max 1 cm.

Gambar 6. SOP Pemeriksaan Penjahitan

KESIMPULAN

Beberapa jenis kecacatan yang ditemukan pada produk *"Blackstone XG 73 White"* adalah *wrinkle*, lem berlebihan, dan jahitan tidak rapih. Peta kendali yang sesuai untuk melihat apakah proses produksinya stabil atau tidak adalah menggunakan peta C dikarenakan data berdasarkan jenis kecacatan dan produk cacat akan di *rework*. Hasil perhitungan nilai DPMO didapatkan sebesar 26135,11 yang berarti peluang terjadinya kecacatan masih tinggi untuk per satu juta produk. Nilai ini dikonversi menjadi tingkat sigma menjadi sebesar 3,4409 di mana masih dapat ditingkatkan dengan melakukan perbaikan proses produksi. Penemuan hasil penelitian menyatakan bahwa akar penyebab kegagalan yang dominan berdasarkan analisis FTA yaitu tidak ada *training* operator dan tidak ada SOP pemeriksaan sehingga sering terjadi kesalahan yang dilakukan oleh operator. Usulan perbaikan yang dapat dilakukan adalah membuat kegiatan training operator selama 3 bulan sekali agar kemampuan operator memadai untuk kebutuhan proses serta pengawasan penerapan proses yang benar termuat dalam SOP pemeriksaan proses penjahitan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] K. Linderman, R. G. Schroeder, S. Zaheer, and A. S. Choo, "Six Sigma: A goal-theoretic perspective," *Journal of Operations Management*, vol. 21, no. 2, 2003, doi: 10.1016/S0272-6963(02)00087-6.

[2] R. G. Schroeder, K. Linderman, C. Liedtke, and A. S. Choo, "Six Sigma: Definition and underlying theory," *Journal of Operations Management*, 2008, doi: 10.1016/j.jom.2007.06.007.

[3] J. F. W. Peeters, R. J. I. Basten, and T. Tinga, "Improving failure analysis efficiency by combining FTA and FMEA in a recursive manner," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 172, 2018, doi: 10.1016/j.ress.2017.11.024.

[4] J. You, S. Lou, R. Mao, and T. Xu, "An improved FMEA quality risk assessment framework for enterprise data assets," *Journal of Digital Economy*, vol. 1, no. 3, 2022, doi: 10.1016/j.jdec.2022.12.001.

[5] J. Supono, "Analisis Penyebab Kecacatan Produk Sepatu Terrex Ax2 Goretex Dengan Menggunakan Metode Fault Tree Analysis (Fta) Dan Failure Mode and Effect Analysis (Fmea) Di Pt.Panarub Industri," *Journal Industrial Manufacturing*, vol. 3, no. 1, pp. 15–22, 2018, doi: 10.31000/jim.v3i1.615.

[6] M. P. Dewi and A. M. Azis, "Implementasi Pengendalian Kualitas Produk Sepatu Wanita Menggunakan Metode Failure Mode Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA) pada Home Industry Vielin Creation Bandung," *Banking & Management Review*, vol. 8, no. 2, 2019.

[7] D. C. Montgomery, *Introduction to Statistical Quality Control*, 7th ed. New York: John Wiley & Sons Inc, 2013.

[8] R. Fitriana, D. K. Sari, and A. N. Habyba, *Pengendalian dan Penjaminan Mutu*, First. Banyumas: Wawasan Ilmu, 2021.

[9] H. Sirine and E. Kurniawati Penti, "Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma (Studi Kasus pada PT Diras Concept Sukoharjo)," *AJIE-Asian Journal of Innovation and Entrepreneurship*, vol. 02, no. 03, pp. 2477–3824, 2017.

[10] D. Dananjaya, D. Hetharia, and S. Adisuwiryo, "Perbaikan Kualitas Produk Nestable 100 di PT. Cahaya Metal Perkasa," *JURNAL TEKNIK INDUSTRI*, vol. 10, no. 3, 2020, doi: 10.25105/jti.v10i3.8427.

[11] R. A. Ramadhani, R. Fitriana, A. N. Habyba, and Y. C. Liang, "Enhancing Quality Control of Packaging Product: A Six Sigma and Data Mining Approach," *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, vol. 22, no. 2, 2023, doi: 10.25077/josi.v22.n2.p197-214.2023.

[12] Y. T. Jou, R. M. Silitonga, M. C. Lin, R. Sukwadi, and J. Rivaldo, "Application of Six Sigma Methodology in an Automotive Manufacturing Company: A Case Study," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 14, no. 21, 2022, doi: 10.3390/su142114497.

[13] H. Araman and Y. Saleh, "A case study on implementing Lean Six Sigma: DMAIC methodology in aluminum profiles extrusion process," *TQM Journal*, vol. 35, no. 2, 2023, doi: 10.1108/TQM-05-2021-0154.

[14] M. A. Abtew, S. Kropi, Y. Hong, and L. Pu, "Implementation of Statistical Process Control (SPC) in the Sewing Section of Garment Industry for Quality Improvement," *Autex Research Journal*, vol. 18, no. 2, pp. 160–172, Jun. 2018, doi: 10.1515/aut-2017-0034.

[15] Y. Klochkov, D. Antipov, E. Savich, O. Syrovatsky, and S. Glushkov, "Fmea Quality Improvement Method of Flame Spraying Thermal Insulation," *International Journal for Quality Research*, vol. 15, no. 4, 2021, doi: 10.24874/IJQR15.04-15.

[16] M. Yucesan and M. Gul, "Failure modes and effects analysis based on neutrosophic analytic hierarchy process: method and application," *Soft comput*, vol. 25, no. 16, 2021, doi: 10.1007/s00500-021-05840-z.

[17] B. Salah, M. Alnahhal, and M. Ali, "Risk prioritization using a modified FMEA analysis in industry 4.0," *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, vol. 11, no. 4, 2023, doi: 10.1016/j.jer.2023.07.001.

[18] M. A. Budiyanto and H. Fernanda, "Risk assessment of work accident in container terminals using the fault tree analysis method," *J Mar Sci Eng*, vol. 8, no. 6, 2020, doi: 10.3390/JMSE8060466.

[19] Z. Jafaripour, S. M. Sajadi, and S. M. H. Molana, "An optimal two-level supply chain model for Small- and Medium-sized Enterprises (SMEs) considering rework for new products and price-dependent demands," *Scientia Iranica*, vol. 29, no. 3E, pp. 1622–1637, May 2022, doi: 10.24200/sci.2020.53436.3236.

[20] Mehak Vasta and Afra Tasneem, "Product Quality Augmentation Through Agile Operation: A Critical perspective on Supply Chain Capabilities on Reducing Operations Cost," *International Journal of Theory of Organization and Practice (IJTOP)*, vol. 3, no. 1, pp. 39–52, Jul. 2023, doi: 10.54489/ijtop.v3i1.249.

[21] 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, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14625.