

# ANALISIS PENYEBAB UTAMA *ENGINE BREAKDOWN* PADA *ENGINE* SISI KANAN CFM 56-7B26 DENGAN PENDEKATAN METODE DMAIC

<sup>1</sup>Rilah Fitria Utami, <sup>2</sup>Fery Setiawan, <sup>3</sup>Edi Sofyan

<sup>1,2,3</sup>Teknik Dirgantara, Sekolah Tinggi Teknologi Kedirgantaraan

## Abstrak

*Engine breakdown* merupakan peristiwa tidak berfungsinya *engine* ketika pesawat sedang *climbing* di udara, hal ini diindikasikan dari indikator *NI* yang berada di *cockpit* sebagai penunjuk kecepatan *blade*, *troubleshoot* dilakukan setelah peristiwa ini, *boroscope* menunjukkan kerusakan yang parah pada *engine* CFM 56-7B26 tersebut, untuk mengetahui permasalahan utama dan menentukan keefektifitasan *engine* dari masalah tersebut peneliti melakukan analisis menggunakan metode DMAIC, hasil analisis yang didapatkan untuk tools DMAIC yaitu, pada tahap *Define* ditemukan *defect* pada *engine* tersebut berupa *scratch*, *material deformation*, *material melting*, *material burn*. Pada tahap *Measure* melalui analisa menggunakan tools *FMEA* diketahui penyebab utama yang didapat dari nilai *RPN* tertinggi yaitu *material burn and melting*, *material cracking*, dan *material deformation*. Pada tahap *Analyze* dibuat diagram *cause effect* berbentuk *fishbone* dan *material burn and melting* merupakan jenis *defect* dengan *RPN* tertinggi senilai 210, dan skor 5 *root* (*Man*, *Method*, *Material*, *Machine*, *Environmental*) didapat *point* tertinggi yaitu *Method*, Pada tahap *Improve* *brainstorming* bersama *engineer* dilakukan sehingga *compressor wash*, dan *boroscope* merupakan perbaikan yang harus dibenahi untuk permasalahan ini, Pada tahap *Control* pengendalian dilakukan dengan menggunakan analisa *DPMO* (*Defect per Million Opportunities*) melalui jadwal *preventive* intens *boroscope* dan *compressor wash*.

**Kata kunci:** *Engine Breakdown*, *Six Sigma*, *DMAIC*, *FMEA*, *Cause Effect Diagram*, *Compressor Wash*, *Boroscope*, *DPMO*

## Abstract

*Engine breakdown* is an *engine malfunction* event when the aircraft is *climbing* in the air, this is indicated by the *NI* indicator in the *cockpit* as a *blade speed* indicator, *troubleshooting* is carried out after this event, the *boroscope* shows severe damage to the CFM 56-7B26 *engine*, to find out The main problem and determine the effectiveness of the *engine* from the problem, the researchers conducted an analysis using the DMAIC method, the results obtained for the DMAIC tools were, in the *Define* stage, *defects* were found in the *engine* in the form of *scratch*, *material deformation*, *material melting*, *material burn*. At the *Measure* stage through analysis using *FMEA* tools, it is known that the main causes obtained from the highest *RPN* value are *material burn and melting*, *material cracking*, and *material deformation*. At the *Analyze* stage, a *cause effect* diagram is made in the form of *fishbone* and *material burn and melting* is a type of *defect* with the highest *RPN* worth 210, and scoring 5 *root* (*Man*, *Method*, *Material*, *Machine*, *Environmental*) the highest *point* is *Method*, At the *Improve* *brainstorming* stage with the *engineer* done so that the *compressor wash* and *boroscope* are improvements that must be addressed for this problem. At the *Control* stage, control is carried out using *DPMO* (*Defect per Million Opportunities*) analysis through an intense *boroscope* and *compressor wash* preventive schedule

**Keywords:** *Engine Breakdown*, *DMAIC*, *Compressor Wash*, *Boroscope*, *DPMO*


## Pendahuluan

Pesawat merupakan transportasi udara yang digunakan sebagai alat transportasi utama masyarakat untuk berpergian keluar kota maupun negara, sehingga faktor keamanan sangatlah penting, perawatan dan pemeliharaan armada pesawat dijadikan prioritas oleh maskapai untuk meningkatkan faktor keamanan armadanya.

Seiring majunya teknologi pada dunia penerbangan, pesawat memiliki sistem-sistem yang didesain untuk digunakan sebagai backup ketika pesawat sedang beroperasi dan mengalami kegagalan/kerusakan, namun untuk komponen *engine* tidak memiliki sistem backup sehingga sangatlah fatal jika terjadi *failure* pada *engine* saat mengudara, oleh sebab itu dibutuhkan perhatian khusus untuk perawatan dan pemeliharaan *engine* pesawat agar meminimalisir terjadinya kegagalan

<sup>1</sup>Email Address: [180302097@students.sttkd.ac.id](mailto:180302097@students.sttkd.ac.id)

Received 20 Desember 2022, Available Online 30 Juli 2023

 <https://doi.org/10.56521/teknika.v9i1.655>

seperti engine breakdown contohnya.

*Engine breakdown* merupakan peristiwa tidak berfungsinya *engine* ketika pesawat sedang *climbing* di udara, hal ini diindikasikan dari indikator N1 yang berada di cockpit sebagai penunjuk kecepatan *blade*, dalam kasus ini N1 pada engine 2 mengalami drop sampai 22%, *troubleshoot* dilakukan setelah peristiwa ini, *boroscope* menunjukkan kerusakan yang parah pada *engine* CFM 56-7B26 tersebut.

Konsep DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) digunakan untuk mencari permasalahan utama engine CFM 56-7B, dan analisa DPMO (Defect per Million Opportunities) dalam teori six sigma digunakan untuk pengendalian efektifitas engine.

Tujuan dari penelitian ini yaitu mencari penyebab yang menyebabkan engine breakdown, dan mengetahui pengendalian yang dapat dilakukan untuk engine agar meminimalisir terjadinya kembali masalah tersebut

Sachin & Dileplal (2017) melakukan penelitian tentang Metodologi Six Sigma untuk Meningkatkan Proses Manufaktur di Industri Pengecoran, dalam penelitian tersebut metode DMAIC digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan mengilangkan cacat dalam pengecoran, dan diperoleh hasil kegagalan casting berkurang dari 15,61% menjadi 7,40% sehingga biaya pengeluaran untuk casting pun berkurang.

Putria Dhiakanza et al (2017) melakukan penelitian tentang Penerapan Metode Penjadwalan *Preventive Maintenance* Untuk Meminimasi Cacat Bagian Atas Berlubang Pada Proses Produksi Tutup Botol Oli AHM Biru Di Mesin Injeksi Pada CV WK Dengan Menggunakan Metode Pendekatan *Six Sigma*, dalam penelitian tersebut Metode DMAIC digunakan untuk menganalisa cacat tutup botol oli AHM, dan diperoleh beberapa faktor yang menyebabkan cacat pada proses produksi seperti bagian cetakan pada mesin injeksi yang tidak baik sehingga membuat tutup botol berlubang bagian atasnya, dan setting mesin injeksi yang kurang tepat sehingga matriks tidak pas ketika molding. Setelah root cause ditemukan preventif pun diusulkan agar meminimalisir terjadinya cacat kembali seperti dilakukan penjadwalan yang sesuai.

## Landasan Teori

### *Konsep DMAIC*

Konsep DMAIC adalah sebuah close loop yang berarti output dari tiap fase yang dihasilkan akan menjadi input bagi fase berikutnya, dan juga output dari fase terakhir dalam suatu loop yaitu fase control, akan menjadi input untuk rencana / usaha perbaikan selanjutnya, ini akan memastikan dilakukannya peningkatan yang terus berkelanjutan (Hartoyo et al., 2013)

*Define* (mengartikan/menjelaskan) pada tahap ini yaitu menentukan dan menetapkan permasalahan yang akan dianalisa. *Measure* (mengukur/menilai) pada tahap ini yaitu melakukan pengumpulan data sebagai penganalisa penyebab terjadinya suatu masalah. *Analyze* (analisa) pada tahap ini yaitu melakukan verifikasi penyebab dalam masalah. *Improve* (memperbaiki) pada tahap ini yaitu menemukan solusi yang tepat untuk memperbaiki masalah yang terjadi dan menentukan rencana perbaikan untuk meningkatkan kualitas. *Control* (pengendalian) pada tahap ini yaitu pengendalian perbaikan agar masalah yang terjadi tidak pernah terulang kembali dengan standarisasi sebagai titik acuan pengendalian kualitas.

### *FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)*

FMEA (*Failure Mode & Effect Analysis*) adalah suatu model sistematis yang dapat digunakan untuk memeriksa semua bentuk kegagalan yang dapat terjadi. FMEA merupakan teknik evaluasi tingkat keandalan dari sebuah sistem untuk menentukan efek dari kegagalan dari sistem tersebut Pendekatan sistematis yang dilakukan menggunakan metode pentabelan untuk membantu mengidentifikasi

potensi kegagalan dan efeknya (Hanif et al., 2015).

### **Cause Effect Diagram**

*Cause effect diagram* adalah suatu *tools* yang digunakan untuk menganalisis penyebab penyebab dari suatu masalah Diagram ini juga biasa disebut dengan diagram *fishbone* karena bentuknya yang seperti tulang ikan (Murnawan, 2016).

### **Boroscope**

*Boroscope* adalah alat yang bekerja seperti teleskop, mikroskop atau kamera. Hal ini memungkinkan orang untuk menjelajahi daerah yang terlalu kecil, terlalu jauh atau di luar jangkauan, biasanya digunakan untuk inspeksi visual pada bagian yang ada pada pesawat, dan yang paling sering ditemukan adalah adanya goresan pada perangkat-perangkat yang ada pada pesawat.

### **Compressor Wash**

*Compressor wash* merupakan tindakan perawatan engine, dengan cara menyemprotkan air dingin menggunakan mesin bertekanan ke dalam engine, melalui fan, kompresor, ruang bakar/combustion chamber hingga turbin. Campuran yang dimasukkan dalam air umumnya menggunakan deterjen/sabun, proses pengerjaan kurang lebih selama 5 menit.

### **DPMO (Defect Per Million Opportunities)**

DPMO (defect per million opportunities) merupakan suatu ukuran kegagalan dalam Six. Sigma yang menunjukkan kerusakan suatu produk dalam satu juta barang yang diproduksi. Sedangkan tingkat sigma ( $k$ ) merupakan ukuran dari kinerja perusahaan yang menggambarkan kemampuan dalam mengurangi produk yang cacat (Gaspersz, 2002).

Cara menentukan DPMO menurut referensi jurnal (Satrio Fitrananda, Hari Moektiwibowo, 2020) adalah sebagai berikut :

Menentukan DPU (*Defect per Unit*)

$$DPU = \frac{\text{Defect}}{\text{Unit}} \quad (1)$$

Menentukan TOP (*Total Opportunities*)

$$TOP = U \times OP \quad (2)$$

Menentukan DPO (*Defect Per Opportunities*)

$$DPO = \frac{D}{TOP} \quad (3)$$

Menentukan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*)

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (4)$$

Menentukan Nilai Sigma

$$\text{Sigma proses} = \text{NORMSINV} \left( \frac{(1000000 - DPMO)}{1000000} \right) + 1.5 \quad (5)$$

### **Metode Penelitian**

Dalam penelitian ini dilakukan analisis pada pesawat tipe Engine CFM 56-7B menggunakan metode DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*) sebagai tools untuk menemukan akar masalah, penyebab permasalahan, serta pengendalian yang tepat, Dengan tahap rancangan :

Tahap *define*, pada tahap ini peneliti melakukan pengambilan data dan mengidentifikasi permasalahan yang terjadi mengenai Engine Breakdown pada engine tipe CFM 56-7B

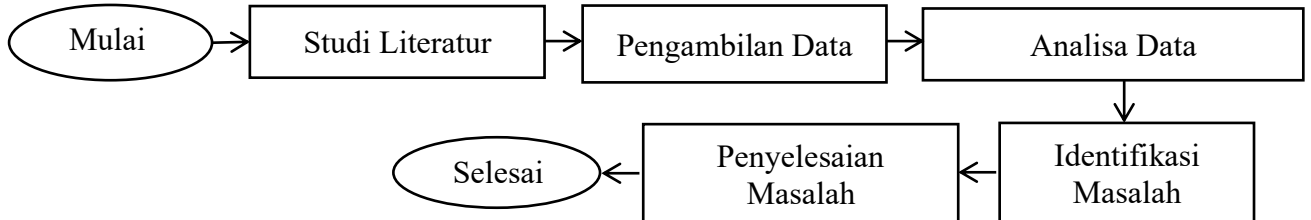
Tahap *measure*, pada tahap ini peneliti melakukan analisis menggunakan FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) untuk mengetahui penyebab permasalahan engine breakdown

Tahap analyze, pada tahap ini peneliti melakukan analisis menggunakan Fishbone Diagram untuk menemukan root cause atau akar penyebab dari permasalahan engine breakdown

Tahap improve, pada tahap ini peneliti melakukan improvement berupa preventive maintenance untuk permasalahan engine breakdown

Tahap control, pada tahap ini peneliti melakukan pengendalian efektifitas terhadap engine tersebut dengan menggunakan analisa hasil DPMO (Defect per Million Opportunities)

Dalam metode penelitian, bisa juga melampirkan *flowchart* alur penelitian pengambilan data dengan format bisa memanjang kesamping/kebawah dengan ketentuan tidak diperkenankan menyambung ke halaman berikutnya. Contoh bisa di lihat pada gambar dibawah ini.


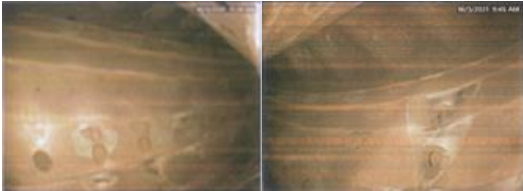



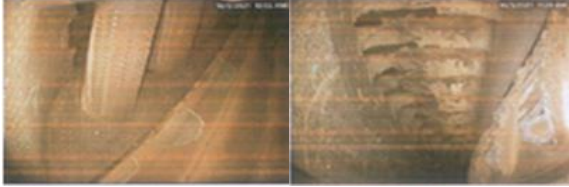
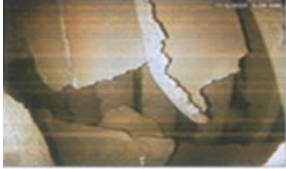
Gambar 1. *flowchart*

**Hasil dan Pembahasan**

Tahap Define, setelah dilakukan inspeksi eksternal dan internal menggunakan boroscope ditemukan kerusakan kerusakan yang parah pada engine berupa scratch, material deformasi, material melting, serta material burn, hal ini yang menyebabkan poros N1 pada engine pesawat tidak dapat berputar.

**Tabel 1. Defect Engine**

Item	Kategori Defect
<p><i>Booster Engine</i></p> 	Scratch
<p><i>Combustion Chamber HPT Turbine Nozzle</i></p> 	Crack
<p><i>Combustion Chamber (Burn) LP Turbine Stage 1 Nozzle</i></p> 	Material Burn and Melting
<p><i>HP Turbine Nozzle HP Turbine Blade</i></p>	

Item	Kategori Defect
 <p>LP Turbine</p> 	Material Deformation

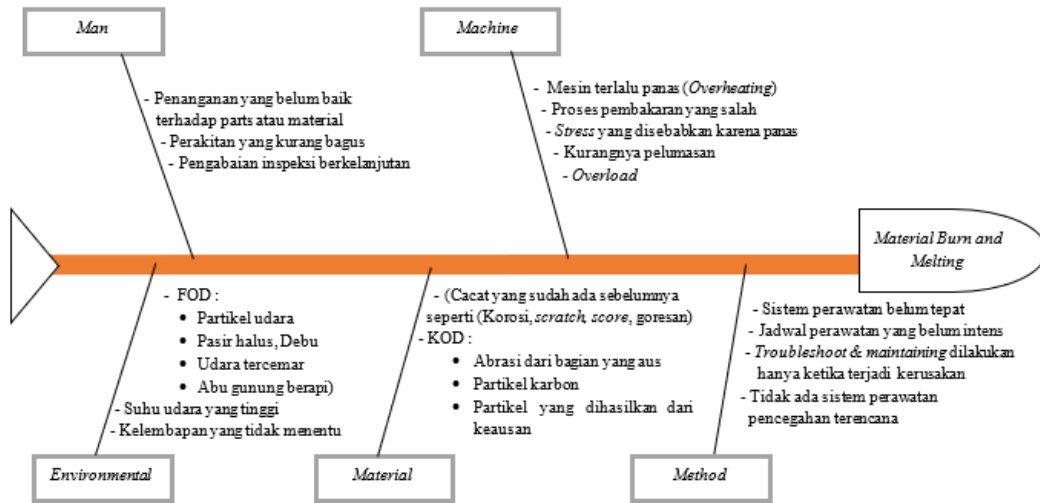
Tahap Measure, setelah ditemukan data defect analisis dilanjutkan dengan menggunakan tool FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) untuk mengidentifikasi masalah utama dengan penilaian RPN (*Risk Priority Number*) berdasarkan *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection*.

**Tabel 2. Hasil Analisa FMEA**

Komponen	Mode Kegagalan	Efek Dari Kegagalan	S	Potensi Penyebab Kegagalan	O	Kontrol saat ini	D	RPN
<i>Booster Engine</i>	<i>Scratch</i>	Pembakaran didalam engine melemah dan tidak maksimal	7	FOD ( <i>Fine foreign particles</i> )	8	<i>Boroscope</i>	2	112
<i>Combustion Chamber</i>	<i>Crack</i>	Kegagalan pembakaran sehingga engine kehilangan power	10	FOD ( <i>Fine foreign particles</i> )	8	<i>Boroscope</i>	2	160
<i>High Pressure Turbine Nozzle</i>	<i>Material Burn and Melting</i>	Turbin tidak berputar	10	<i>Overheating</i>	7	<i>Boroscope</i>	3	210
<i>Low Pressure Turbine Nozzle</i>	<i>Material Deformation</i>	Turbin tidak berputar	10	FOD ( <i>Fine foreign particles</i> )	5	<i>Boroscope</i>	2	100
<i>High Pressure Turbine Blade</i>	<i>Material Deformation</i>	Turbin tidak berputar	10	<i>Overheating</i>	6	<i>Boroscope</i>	2	120

Setelah mendapatkan nilai RPN dengan menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), didapat 3 poin RPN tertinggi dalam masalah Breakdown Engine pada pesawat ini, yaitu *Material Burn and Melting*, *Material Cracking*, dan *Material Deformation*.

Tahap Analyze, pada tahap ini dilakuka analisis pada hasil RPN yang diperoleh dengan menggunakan metode fishbone (diagram sebab akibat)



Gambar 2. Diagram Fishbone

Tabel 3. Hasil Scoring Cause Effect

Klasifikasi	Man	Method	Machine	Material
Keparahan	5	7	6	4
Intensitas Masalah	5	7	5	3
Urgensi	5	6	7	3
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>11</b>

Berdasarkan hasil diskusi peneliti bersama narasumber *engineer* terhadap permasalahan *engine breakdown* masalah ini mengerucut karena metode perawatan yang belum baik, *Engine* merupakan penggerak utama pesawat, yang penggunaannya intens, sehingga sangat beresiko terjadinya *defect* pada *engine*.



Gambar 3. Fishbone

Tahap Improve, setelah menemukan analisis dengan diagram sebab akibat, brainstorming bersama *engineer* penyebab utama dari permasalahan mengerucut pada pin Method, sehingga improvement yang dilakukan yaitu boroscope dan compressor wash dengan interval per tiga bulan sekali.

**Tabel 4 Scheduling Preventive Maintenance**

Faktor Metode	Penyebab	Preventive Maintenance		Time Schedule
		Inspection	Maintenance	
Jadwal perawatan yang belum intens	<i>Less Inspection</i>			
Tidak ada sistem perawatan pencegahan terencana	<i>Less Inspection</i>	<i>Boroscope</i>		Interval per 3 bulan 1x
<i>Troubleshoot &amp; maintaining</i> dilakukan hanya ketika terjadi kerusakan	<i>Less Maintaining</i>		<i>Compressor Wash</i>	Interval per 3 bulan 1x
Sistem perawatan yang belum tepat	<i>Less Maintaining</i>			

Boroscope dan Compressor wash berperan sebagai tindakan preventive maintenance pada permasalahan ini, karena penggunaan engine pesawat yang intens sehingga resiko terjadinya defect dan kegagalan sangat besar, sehingga perlu adanya perhatian khusus mengenai perawatan engine seperti boroscope dan compressor wash.

Tahap Control, setelah dilakukan improvement berupa boroscope dan compressor wash di tahap ini dibuat perhitungan untuk mengetahui nilai DPMO dan nilai sigma dari kondisi engine defect.

**Tabel 5. Perhitungan nilai DPMO (Defect per Million Opportunity)**

No.	Month	Part/Unit	(OP) Opportunities of Defect	TOP (Total Opportunities)	DPMO Sebelum (2020-2021)	Sesudah (2021-2022)	SIGMA Sebelum (2020-2021)	Sesudah (2021-2022)
1	Maret	5	4	20	0,15	0	2,54	0
2	April	5	4	20	x	x	x	x
3	Mei	5	4	20	x	x	x	x
4	Juni	5	4	20	x	0	0	0
5	Juli	5	4	20	x	x	x	x
6	Agustus	5	4	20	x	x	x	x
7	September	5	4	20	x	0	0	0
8	Oktober	5	4	20	0,45	x	1,63	x
9	November	5	4	20	0,1	x	2,78	x
10	Desember	5	4	20	0	0,05	x	3,14
11	Januari	5	4	20	0	0	x	x
12	Februari	5	4	20	0	0	x	x
13	Maret	5	4	20	0	0,1	x	2,78

No.	Month	Part/Unit	(OP) Opportunities of Defect	TOP (Total Opportunities)	DPMO Sebelum (2020- 2021)	Sesudah (2021- 2022)	SIGMA Sebelum (2020- 2021)	Sesudah (2021- 2022)
14	April	5	4	20	0	0	x	x
15	Mei	5	4	20	0	0	x	x
16	Juni	5	4	20	0	0,1	2,78	2,78
<b>Jumlah</b>					<b>0,23</b>	<b>0,04</b>	<b>23,1</b>	<b>1,45</b>

Berdasarkan hasil perhitungan DPMO sebelum dan sesudah penggantian engine sesuai jadwal intens boroscope dan compressor sebagai preventive maintenance, dilihat dari tabel diatas perbedaan signifikan dari nilai DPMO dan sigma DPMO dimana terjadi penurunan, sebelum adanya penjadwalan nilai sigma DPMO yaitu 23,1 setelah terjadinya permasalahan dan engine di install kembali jadwal baru dibuat untuk rutinitas pelaksanaan boroscope dan compressor wash per tiga bulan, nilai sigma DPMO turun menjadi 1,45.

## Kesimpulan

Setelah data diperoleh dari analisa DMAIC, maka disimpulkan bahwa :

1. Tahap Define, ditemukan defect pada engine yang diperoleh dari inspeksi boroscope berupa *scratch, material deformation, material melting, material burn*, dengan faktor penyebabnya FOD, KOD, *overheating, overload, enviromental, operational*, dll.
2. Tahap Measure, analisis menggunakan FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) dan diperoleh 3 penyebab utama dengan nilai RPN tertinggi dalam permasalahan ini yaitu *material burn and melting* (210), *material cracking* (160), dan *material deformation* (120).
3. Tahap Analyze, analisis menggunakan fishbone diperoleh RPN (Risk Priority Number) tertinggi yaitu material melting (210) dengan skoring 5 root yaitu (man, material, method, machine, environment) dan point tertinggi yaitu Method
4. Tahap, Improve dilakukan preventive maintenance boroscope dan compressor wash dengan dibuat penjadwalan yang rutin
5. Tahap Control, dilakukan pengendalian dengan analisa DPMO (Defect Per Million Opportunities) dengan melihat riwayat jadwal DPMO, dan didapat perbandingan yang signifikan antara nilai DPMO sebelum adanya jadwal intens boroscope dan compressor wash yaitu 2,31. Sedangkan setelah dibuat jadwal intens dengan interval per tiga bulan boroscope dan compressor wash nilai sigmanya turun menjadi 1,45, hal ini menunjukkan jika adanya rutinitas boroscope dan compressor wash dapat mengurangi defect yang terjadi pada engine.

## Daftar Pustaka

- Gaspersz, V. (2002). *TOTAL QUALITY MANAGEMENT*. PT. GRAMEDIA PUSTAKA UTAMA. <http://katalogdispusipjember.perpusnas.go.id/detail-opac?id=5902>
- Hanif, R. Y., Rukmi, H. S., & Susanty, S. (2015). Perbaikan Kualitas Produk Keraton Luxury di PT.X dengan Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) dan Fault Tree Analysis (FTA). *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Juli*, 03(03), 137–147.
- Hartoyo, F., Yudhistira, Y., Chandra, A., & Chie, H. H. (2013). Penerapan Metode Dmaic dalam Peningkatan Acceptance Rate untuk Ukuran Panjang Produk Bushing. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 4(1), 381. <https://doi.org/10.21512/comtech.v4i1.2761>
- Murnawan, H. (2016). Perencanaan Produktivitas Kerja Dari Hasil Evaluasi Produktivitas Dengan Metode Fishbone Di Perusahaan Percetakan Kemasan Pt.X. *Heuristic*, 11(01), 27–46. <https://doi.org/10.30996/he.v11i01.611>
- P, P. D., Lubis, M. Y., Yanuar, A. A., Industri, F. R., & Telkom, U. (2017). Penerapan Metode Penjadwalan Preventive Maintenance Untuk Meminimasi Cacat Bagian Atas Berlubang Pada Proses Produksi Menggunakan Pendekatan Six Sigma Implementation of Preventive Maintenance Scheduling Method To Minimize the Defect



- of a Hole on the Upper*. 4(2), 2773–2780.
- Sachin, & Dileplal. (2017). Six Sigma Methodology for Improving Manufacturing Process in a Foundry Industry. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science (IJAERS)*, 4(5), 2456–1908. [www.ijaers.com](http://www.ijaers.com)
- Satrio Fitrananda, Hari Moektiwibowo, I. (2020). KOSMETIK EYESHADOW DENGAN METODE SIX. *Jurnal Teknik Dirgantara*, April 2020, 10–21.