

Analisis Proses *Assembly Core External Engine* dengan Metode Six Sigma untuk Mengurangi *Delay Maintenance* di PT. GMF AeroAsia

Rayhan Fajar Satrio^{1,*}, Riani Nurdin², Gunawan³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto, Indonesia

Article Info

Article history:

Received August 21, 2023

Accepted October 12, 2023

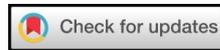
Published November 6, 2023

Kata Kunci:

Assembly
Core External
Engine
Delay
Six Sigma

ABSTRACT

Timely maintenance is the company's effort to fulfill the needs and desires of consumers so that their aircraft can serve passengers according to the specified time. PT. GMF AeroAsia is a company engaged in aircraft maintenance, repair and care services. Timeliness of aircraft engine maintenance sometimes often causes delays, especially in the installation or engine assembly section, so repairs need to be carried out. The aim of this research is to analyze and determine the factors causing delays in the Engine Maintenance process in the Assembly Core External Engine section. So, to overcome this problem the Six Sigma method is used. From the calculation results, the sigma value before improvement was 2.4σ and the capability process value was 0.8, which indicates that delays often occur. After improvements were made, the sigma value obtained was 3.04σ and the Capability Process value was 1.01, which indicates that the proposed improvements made had a positive impact on reducing delay.



Corresponding Author:

Rayhan Fajar Satrio,
Program Studi Teknik Industri,
Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto,
Jl. Raya Janti Blok R Lanud Adisutjipto, Yogyakarta, Indonesia.
Email: [*rayhanfajarsatrio@gmail.com](mailto:rayhanfajarsatrio@gmail.com)

1. PENGANTAR

PT. GMF AeroAsia merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang bergerak dibidang jasa pemeliharaan, perbaikan, dan perawatan pesawat terbang [1]. Dalam praktiknya, ketepatan waktu perawatan mesin pesawat terkadang masih terjadi keterlambatan khususnya pada bagian pemasangan atau *Assembly Engine*. Keterlambatan sering terjadi karena banyaknya *part-part* atau komponen pesawat yang harus dipasang terutama pada bagian *Core External* dan belum sepenuhnya dikelola dengan baik dalam hal pengelompokan part yang sudah selesai di *Maintenance* atau disebut juga part *Serviceable* [2]. Dalam proses *Assembly Engine*, tingkat keterlambatan tertinggi berasal dari proses *Assembly Core External Engine* dengan persentase *Delay* sebesar 22% sehingga perlu dilakukan perbaikan pada proses tersebut.

Salah satu cara untuk melakukan perbaikan dari masalah tersebut adalah dengan menggunakan metode *Six Sigma*. *Six Sigma* adalah strategi manajemen bisnis dan metodologi berbasis data, yang bertujuan untuk mengurangi variasi dalam suatu proses yang dapat mengakibatkan cacat atau kesalahan [3]. Penerapan *Six Sigma* sendiri pada umumnya menggunakan konsep DMAIC untuk menyusun langkah-langkah guna mengimplementasikan metode *Six Sigma* yang dimulai dari tahap *Define*, Tahap *Measure*, Tahap *Analyze*, Tahap *Improve*, Dan Tahap *Control* [4]. Hal ini dilakukan karena DMAIC bertujuan untuk memecahkan masalah dengan melihat peluang, proses, dan keinginan konsumen sehingga harus diverifikasi dan diperbaharui pada setiap langkahnya [5].

Pada Analisis Peningkatan Efisiensi di Industri Jasa Penerbangan dengan *Lean Six Sigma*, masalah yang terjadi yaitu pengoptimalan di industri penerbangan pada bagian operasi *Ground Handling* dalam penanganan bagasi. *Tool* DMAIC yang digunakan yaitu *SIPOC Diagram*, Histogram, FMEA, Poka Yoke, dan *Control Chart*. Hasil dari penelitian ini ialah penerapan *Six Sigma* berguna untuk mengukur standar kesuksesan dari proses operasi pembongkaran bagasi, pemborosan waktu proses, peningkatan efisiensi tenaga kerja, peningkatan produktivitas, dan peningkatan dalam pengendalian persediaan [6].

Pada Penerapan Metode *Lean Six Sigma* untuk Meningkatkan Keakuratan Jadwal Perawatan Pesawat CN-295M di Skadron Teknik 021, menggunakan metode *Lean Six Sigma* untuk mengetahui perbaikan proses dari perawatan terjadwal pesawat agar tepat waktu sesuai dengan perencanaan perawatan (*Work Plan Maintenance*). Pada penelitian ini, *Tool* yang digunakan dalam analisis DMAIC yaitu *Tree Diagram* dan *SIPOC Diagram*, Uji Validitas dan Realibilitas, Uji Hipotesis dan ANOVA, *Problem Description* dan *Improvement Plan*, Serta pembuatan SOP. Adapun hasil perbaikan yang didapatkan yaitu perlunya pelatihan untuk pekerja yang belum memiliki pengalaman, melakukan forecasting pada saat melakukan pemesanan komponen dan terakhir adalah melakukan walk around check sebelum melakukan proses *Maintenance* [7].

Pada Analisis Penerapan *Lean Six Sigma* untuk Mengurangi *Turn Around Time (TAT) C-CHECK* pada Jasa Perawatan Pesawat, terdapat deviasi dari TAT atau dengan kata lain pekerjaan mengalami *Delay* pada proses C-CHECK. Sehingga, untuk menghindari dan juga meminimasi keterlambatan dari *Turn Around Time* digunakan metode *Lean Six Sigma*. Pada penelitian ini, *Tool* yang digunakan dalam analisis DMAIC yaitu Analisa *Seven Waste*, *Pareto Chart*, *Root Cause Analysis*, FMEA, dan Tabel 5W+1H. Adapun hasil perhitungan nilai sigma dari proses *Maintenance* yang didapatkan ialah sebesar 2.60σ dimana nilai sigma ini setara dengan rata – rata industri di Indonesia, Sehingga dengan perbaikan yang dilakukan diharapkan akan mampu menambah produktivitas serta efisiensi dari proses *Maintenance* yang ada dan juga mampu meningkatkan kepercayaan customer yang akan menambah citra baik bagi PT. XYZ itu sendiri [8].

Pada Analisa Waste *Man Hours* Pada Pekerjaan Modifikasi *Structure Bulkhead Body STA 2598* Pesawat 747-400 Di PT. GMF Aeroasia, menggunakan *Value Stream Mapping* untuk mengetahui penyebab actual *Man Hours* tidak mencapai target pada pengerjaan interim modifikasi yang mengacu pada modifikasi *structure bulkhead body STA 2598* pada pesawat 747-400 di PT. GMF Aeroasia Tbk. dengan bantuan aplikasi SAP. Dari hasil penelitian tersebut ditemukan bahwa penyebab terbesar terjadinya *out of target* pada *manhours* pada pekerjaan modifikasi *Structure Bulkhead Body STA 2598* pada pesawat 747-400 yang rawat di PT. GMF AeroAsia Tbk adalah *waste over processing* yang mencapai 21 jam 38 menit dengan persentase 14,74%, dan *waste motion* akibat proses mengasah mata bor atau drill bit saat pekerjaan berlangsung serta *waste waiting* yang terjadi pada saat teknisi mengantri saat akan melakukan peminjaman *Tools* di *Tools store* sebelum memulai pekerjaan [9].

Kelebihan-kelebihan yang dimiliki Six Sigma dibanding metode lain untuk pengembangan perusahaan adalah:

1. Six Sigma jauh lebih rinci daripada metode analisis berdasarkan statistik.
2. Six Sigma dapat diterapkan di bidang usaha apa saja mulai dari perencanaan strategi sampai operasional hingga pelayanan pelanggan dan maksimalisasi motivasi atas usaha.
3. Six Sigma sangat berpotensi diterapkan pada bidang jasa atau non manufaktur disamping lingkungan teknikal, misalnya seperti bidang manajemen, keuangan, pelayanan pelanggan, pemasaran, logistik, teknologi informasi dan sebagainya.
4. Dengan Six Sigma dapat dipahami sistem dan variabel mana yang dapat dimonitor dan direspon balik dengan cepat.
5. Six Sigma sifatnya tidak statis. Bila kebutuhan pelanggan berubah, kinerja sigma akan berubah [10].

Maka, untuk meminimasi TAT pada proses *Assembly Core External*, *Tool* yang digunakan pada langkah DMAIC menggunakan *SIPOC Diagram* untuk mengidentifikasi hubungan tiap proses *Maintenance* [11]. Selanjutnya, digunakan Tabel *Defect Per Million Opportunities (DPMO)* untuk melihat nilai sigma dan kapabilitas proses *Maintenance* [12]. Setelah ditemukan nilai sigma, digunakan *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor penyebab keterlambatan dalam proses *Engine Maintenance*. Dari hasil identifikasi menggunakan *Fishbone Diagram* [13], nantinya akan dimasukkan ke dalam *Root Cause Analysis* [14] dan *Pareto Chart* [15] untuk melihat penyebab keterlambatan tertinggi dari proses *Maintenance*. Ketika permasalahan ditemukan, selanjutnya digunakan Tabel 5W+1H untuk menentukan langkah perbaikan yang paling tepat. Setelah semua proses perbaikan dilakukan, maka dibuat *Swimlane Diagram* [16] untuk mengontrol jalannya perbaikan agar mudah untuk dilakukan pemantauan. Dengan demikian, tujuan dalam penelitian ini yakni memberikan usulan perbaikan sistem kerja untuk mengurangi keterlambatan TAT serta meningkatkan efisiensi perbaikan untuk meminimalisir terjadinya keterlambatan perawatan mesin pesawat di

PT. GMF AeroAsia. Keterbaruan penelitian ini terdapat pada objek yang diteliti, yaitu proses *Assembly Core External Engine* berdasarkan *Workplan Manhours*.

2. METODE PENELITIAN

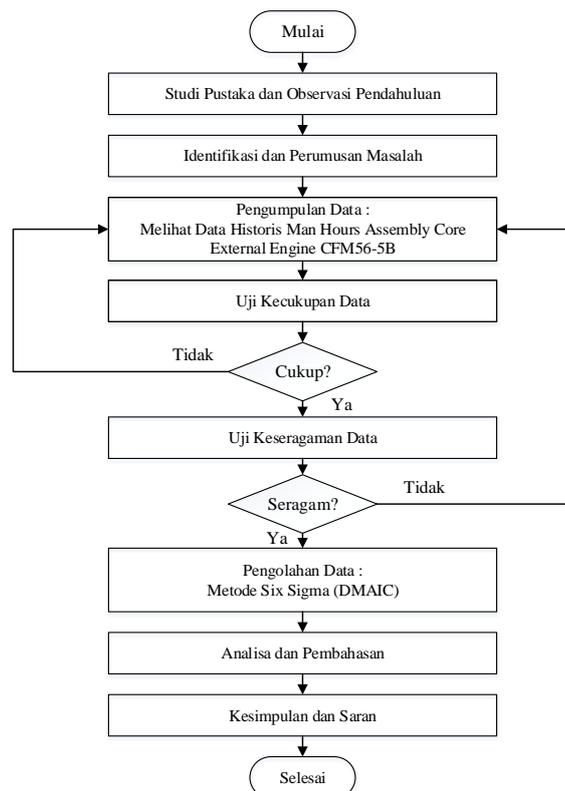
Penelitian ini menggunakan metode Six sigma. *Six Sigma* merupakan alat untuk memperbaiki kualitas produk dengan mereduksi tingkat kecacatan produk melalui 5 (lima) tahapan yaitu *Define* (identifikasi masalah), *Measure* (pengukuran performance kualitas), *Analyze* (melakukan analisa terhadap penyebab kecacatan), *Improve* (melakukan usaha perbaikan untuk meningkatkan kualitas) dan *Control* atau pengendalian [17] *Six Sigma* juga dapat menilai suatu pekerjaan dengan melihat tingkat cacat produk dalam satu juta kemungkinan (DPMO)

Tabel 1. Tingkat Pencapaian Sigma Menurut Gasperz dan Fontana

Tingkat Pencapaian Sigma	DPMO	Keterangan
1-Sigma	691.462	Sangat tidak kompetitif
2-Sigma	308.538	Rata-rata industri Indonesia
3- Sigma	66.807	
4- Sigma	6.210	Rata-rata Industri USA
5- Sigma	233	Rata-rata Industri Jepang
6- Sigma	3,4	Industri kelas dunia

Dalam melakukan pengumpulan data penelitian ini menggunakan data primer dan sekunder. Data primer yang diambil adalah menggunakan data historis *Man Hours* yang diberikan oleh perusahaan pada saat proses *assembly core external* dilakukan di unit dinas *Engine Services* PT.GMF AeroAsia. Sedangkan data sekunder didapatkan dengan cara wawancara secara langsung dengan *Manager Engineering* mengenai informasi keterlambatan yang paling sering terjadi dalam proses *Engine Maintenance*.

Untuk melaksanakan penelitian secara efektif, diperlukan pendekatan sistematis yang membantu proses penyelesaian dan pemberian solusi atas rumusan masalah [18]. Salah satu alat yang membantu dalam hal ini adalah diagram alir penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Dalam melakukan pengolahan data, dilakukan sesuai dengan langkah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk melihat nilai sigma dari proses sebelum dan sesudah perbaikan, serta

langkah perbaikan apa yang harus dilakukan agar proses Maintenance dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan. Tahapan DMAIC serta Tool yang digunakan dalam tiap langkah pengolahan data seperti :

a. **Define**

Tahapan ini yaitu tahapan awal untuk menetapkan tujuan dari kegiatan perbaikan Six Sigma [19]. Pada tahap ini akan dilakukan definisi atau penentuan permasalahan yang nantinya akan diselesaikan dengan pengelompokkan tiap bagian unit dan proses yang berperan sebagai supplier sampai customer [20]. Pada tahap ini menggunakan SIPOC Diagram untuk menentukan alur proses kerja.

b. **Measure**

Tahapan ini merupakan kegiatan pengukuran atas masalah yang sudah didefinisikan [21]. Pada tahap ini, digunakan DPMO dan *Capability Process* sebagai *Tool* untuk melakukan pengukuran. Dalam melakukan perhitungan dan melihat nilai sigma menggunakan bantuan software Microsoft Excel. dengan persamaan :

$$DPMO = \frac{(\text{Jumlah Cacat})}{(\text{Jml. Peluang Cacat/Unit} \times \text{Jml. Unit})} \times 1.000.000 \quad (1)$$

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma} \quad (2)$$

Dimana :

x : nilai yang diamati

μ : rata-rata (mean) dari data

σ : simpangan baku data berdistribusi normal

Setelah perhitungan telah selesai dilakukan, nilai *Capability Proses* yang terlihat akan disesuaikan dengan tabel *Index Capability*.

Tabel 2. Indeks Kapabilitas Proses

Capability Index				
Capable?	Cp	Z-Value	DPMO	Std Dev Compared to Spec Limit
Not Capable	0.33	1	317311	Higher
	0.67	2	45500	
Capable With Tight Control	1	3	2700	Lower
	1.1	3.3	967	
	1.2	3.6	318	
	1.3	3.9	96	
Capable	1.33	4	63	Lower
	1.4	4.2	27	
	1.5	4.5	6.8	
	1.6	4.8	1.6	
	1.67	5	0.57	
	1.8	5.4	0.067	
	2	6	0.002	

c. **Analyze**

Tahapan ini merupakan analisis yang dilakukan terhadap system yang telah diukur dan didefinisikan permasalahannya [22]. Analisis juga berfungsi untuk menemukan solusi pada suatu permasalahan pada system [23]. Pada tahap ini menggunakan *Tool* berupa *Fishbone Diagram*, *Root Cause Analysis*, dan *Pareto Chart*.

d. **Improve**

Tahapan ini merupakan tindakan perbaikan terhadap permasalahan tersebut dengan melakukan pengujian dan percobaan untuk dapat merealisasikan solusi tersebut sehingga benar-benar bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan yang dialami [24]. Pada tahap Improve sendiri menggunakan *Tool* 5W+1H untuk mendapatkan perbaikan yang sesuai dengan permasalahan.

e. **Control**

Tujuan dari tahapan control adalah untuk menetapkan standarisasi serta mengontrol dan mempertahankan proses yang telah diperbaiki dan ditingkatkan tersebut dalam jangka panjang serta mencegah potensi permasalahan yang akan terjadi di kemudian hari ataupun ketika ada pergantian proses, tenaga kerja maupun pergantian manajemen [25]. Pada tahap *control* menggunakan *Tool Swimlane Diagram*.

3. HASIL DAN ANALISIS

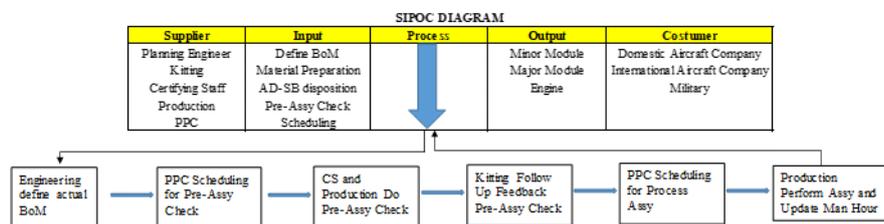
Pengumpulan data dilakukan dengan melihat data historis dari proses *assembly* sebelumnya pada unit *engine services* PT.GMF AeroAsia. Adapun data yang diambil yaitu data *Workplan* untuk 8-10 jam pengerjaan. Adapun data yang diambil sudah dirangkum penulis sebagai berikut :

Tabel 3. Data Work Plan Assembly Core External Engine

No	Work Plan (In Hours)	Act. Work (In Hours)	Delay
1	10	12,000	2,000
2	10	14,000	4,000
3	10	14,000	4,000
4	10	10,000	0,000
5	10	10,333	0,333
6	10	10,000	0,000
7	10	10,000	0,000
8	10	13,867	3,867
9	8	8,017	0,017
10	8	8,000	0,000
11	8	9,217	1,217
12	8	8,000	0,000
13	8	10,817	2,817
14	10	12,950	2,950
15	8	8,003	0,003
16	10	13,997	3,997
17	10	10,050	0,050
18	8	8,000	0,000
19	10	10,917	0,917
20	10	18,350	8,350
21	8	16,417	8,417
22	10	12,120	2,120
23	8	14,433	6,433
24	8	15,433	7,433
25	10	10,237	0,237
26	8	10,483	2,483
27	10	12,700	2,700
28	10	14,567	4,567
29	8	14,533	6,533
30	10	10,833	0,833
31	10	11,400	1,400
32	10	15,183	5,183
33	8	8,000	0,000
34	8	8,000	0,000
35	8	8,000	0,000
36	10	18,000	8,000
37	10	18,000	8,000

3.1. Define

Pada tahap ini menggunakan SIPOC Diagram untuk mengidentifikasi alur proses kerja pada *Assembly Core External Engine* CFM56-7B dan juga untuk memudahkan dalam menganalisa permasalahan yang akan diselesaikan. Pada tahap ini, penulis mengelompokkan berbagai elemen kedalam *Supplier*, *Input*, *Process*, *Output*, dan *Customer*.



Gambar 2. SIPOC Diagram

3.2. Measure

Pada tahap *Measure*, penulis menggunakan DPMO (*Defect Per Million Opportunities*) pada table 1 untuk melihat seberapa tinggi tingkat *defect* serta seberapa besar nilai sigma dan Indeks Kapabilitas yang diperoleh pada proses *assembly* dengan bantuan Microsoft Excel (*Qi Macros*).

Tabel 4. Hasil Pengukuran DPMO dengan Qi Macros

Delay Tolerance	Delay	Work Plan	DPMO	Sigma (Zst)	Cp
2	124,957	340	183.760	2,40	0,80

Dalam tahap *measure*, penulis menggunakan DPMO untuk mengukur nilai Sigma pada proses *Assembly Core External Engine* dan juga mengukur Indeks Kapabilitas. Setelah didapatkan hasil pengukuran, diperoleh total *delay* dari keseluruhan Order sebanyak 124,957 Jam dengan toleransi keterlambatan 2 Jam pada setiap Order memiliki nilai DPMO sebesar 183.760 dengan nilai sigma sebesar 2,4 dan nilai *Capability Process* (C_p) sebesar 0,87.

Menurut tingkat pencapaian Sigma pada tabel 2, nilai sigma yang didapat merupakan rata-rata industri di Indonesia dengan tingkat *defect* atau *delay* yang cukup tinggi. Begitu juga dengan nilai Indeks Kapabilitas Proses pada tabel 3 menunjukkan proses *assembly* belum kapabel untuk dijalankan. Dari kedua hal tersebut dapat disimpulkan bahwa *delay* pada proses *assembly* masih cukup tinggi dan perlu adanya perbaikan

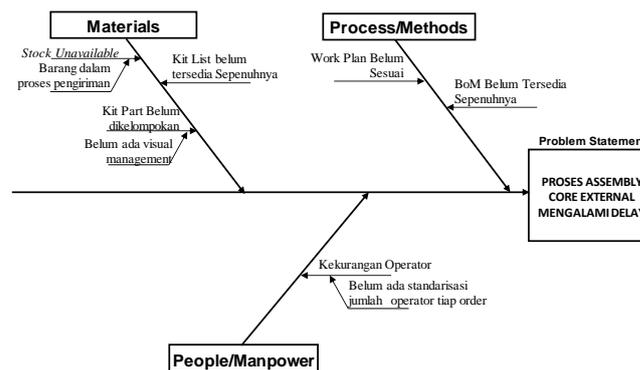
3.3. Analyze

Pada tahap *analyze*, penulis menggunakan Tool berupa *Fishbone Diagram*, *root cause analysis*, dan *Pareto Chart* untuk mengetahui apa yang menjadi permasalahan sehingga *delay* terjadi pada proses *assembly core external engine*.

Tabel 5. *Root Cause Analysis*

No	Jenis Delay	Root Cause Analysis		
		Manpower	Material	Metode
1	Kekurangan Operator	-	-	-
2	Material Tidak Selalu Tersedia	-	✓	-
3	BoM belum sepenuhnya tersedia	-	-	✓
4	Kit Belum Dikelompokkan/ <i>Kit List</i> Belum Tersedia	-	✓	-
5	<i>Work Plan</i> Belum Sesuai	-	-	✓

Dari beberapa jenis *delay* yang ada pada *root cause analysis*, selanjutnya dimasukkan kedalam *Fishbone Diagram* untuk mengetahui lebih detail mengenai penyebab permasalahan keterlambatan.



Gambar 3. Fishbone Diagram

Dari *Fishbone Diagram* yang telah dibuat, penulis mendapat analisa yaitu :

1. Materials

a. Stok Material Tidak Tersedia

Kosongnya stok material atau *engine part* di *storage* membuat proses *assembly* terhambat. Kekosongan persediaan material biasanya terjadi karena keterlambatan pengiriman dari Supplier ataupun karena banyaknya pergantian pada part tertentu sehingga suplai untuk part tersebut habis sebelum persediaan berikutnya tiba.

b. Kit List Belum Tersedia Sepenuhnya

Kit List yang belum sepenuhnya tersedia membuat tim produksi membutuhkan waktu lebih lama dalam proses Maintenance terutama saat *assembly*. Padahal, Kit List merupakan hal yang sangat penting karena memuat informasi mengenai jenis part dan alternatif suatu Engine part jika part tersebut tidak tersedia di *storage*.

c. Kit Part Belum Dikelompokkan

Kit Part yang belum dikelompokkan secara rinci berdasarkan bagian-bagiannya membuat tim *production* memerlukan waktu lebih lama dalam proses *assembly engine*. Kit Part seharusnya sudah dikelompokkan berdasarkan *engine* modul dalam satu rak dan line yang sama sehingga operator yang akan memasang tidak membutuhkan waktu lama untuk mencari part tersebut. Selain itu, tidak adanya visual management membuat tim produksi kesulitan untuk

melihat serial number pada part yang berukuran kecil. Tentunya hal ini mengakibatkan waktu pengerjaan aktual tidak sesuai dengan waktu yang direncanakan.

2. *Methods*

a. Work Plan Belum Sesuai

Berbeda dengan rencana kerja atau Work Plan yang ada, waktu aktual di lapangan menunjukkan bahwa proses Maintenance tiap Order membutuhkan waktu yang lebih lama dari Work Plan yang sudah dibuat. Seharusnya, selalu ada update *Workplan* terbaru setiap *maintenance* agar waktu yang direncanakan dengan waktu aktual menjadi sesuai

b. BoM belum tersedia sepenuhnya

Belum lengkapnya Bill of Material membuat tim *production* harus menunggu sebelum memulai proses *assembly engine*. Seharusnya, BoM sudah dipersiapkan sejak *engine* akan dimaintenance sehingga pada saat proses *assembly* berlangsung, operator tidak perlu menunggu kelengkapan BoM.

3. *Manpower*

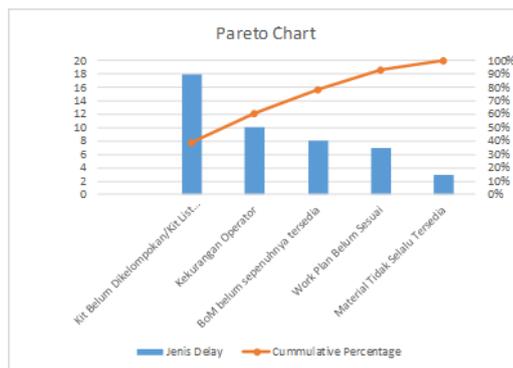
a. Kekurangan Operator

Kekurangan operator saat bekerja merupakan kejadian dimana Pekerjaan yang seharusnya membutuhkan 4-5 orang hanya dikerjakan oleh 2-3 orang saja. Tentu hal ini menjadi potensi keterlambatan waktu proses Maintenance. Seharusnya, perlu dibuat standarisasi pekerja tiap Order agar proses pengerjaan tidak banyak memakan waktu dan tenaga.

Setelah dianalisis menggunakan *Fishbone Diagram*, penulis membutuhkan persentase keterlambatan tertinggi dari masing-masing Order agar perbaikan yang dilakukan tepat sasaran. Sehingga, penulis menggunakan *Pareto Chart* untuk melihat grafik keterlambatan dari yang tertinggi sampai terendah.

Tabel 6. Persentase Varian *Delay* Tiap Order

No	<i>Delay</i>	Total	%	Cummulative Percentage
1	Kit Belum Dikelompokan/ <i>Kit List</i> Belum Tersedia/ <i>Kit List</i> Belum Tersedia	18	39%	39%
2	Kekurangan Operator	10	22%	61%
3	BoM belum sepenuhnya tersedia	8	17%	78%
4	<i>Work Plan</i> Belum Sesuai	7	15%	93%
5	Material Tidak Selalu Tersedia	3	7%	100%
TOTAL		46	100%	



Gambar 4. Pareto Chart

Penulis menggunakan *Pareto Chart* untuk melihat persentase keterlambatan tiap varian dari masing-masing order dan didapatkan hasil yaitu jenis *delay* berupa “Material belum dikelompokkan dan Kit List belum tersedia” memiliki persentase keterlambatan tertinggi yaitu sebesar 39% dari keseluruhan order. Kemudian “Kekurangan Operator” sebesar 22% dan “*Workplan* yang belum sesuai” sebesar 17%. Sementara itu, faktor keterlambatan paling sedikit adalah “BoM belum sepenuhnya tersedia” sebesar 15% dan “Material tidak tersedia” sebesar 7%. Dengan demikian, penyebab keterlambatan tertinggi sudah diketahui dan selanjutnya dilakukan perbaikan sesuai dengan permasalahan yang paling sering terjadi.

3.4. Improve

Setelah *diketahui* akar permasalahan, tahap selanjutnya adalah melakukan tindakan perbaikan terhadap permasalahan tersebut yang dapat direalisasikan sehingga benar-benar bermanfaat untuk menyelesaikan permasalahan yang dialami. Pada tahap *Improve* sendiri, penulis menggunakan Tool 5W+1H untuk mendapatkan perbaikan yang sesuai dengan permasalahan yang ada pada sisi material yaitu Kit belum dikelompokkan/Kit List belum tersedia, kemudian perbaikan dari sisi *manpower* yaitu kekurangan operator, dan dari sisi *methods* yaitu BoM.

Tabel 7. Perbaikan menggunakan 5W+1H

<i>Failure Mode</i>	<i>Factor</i>	<i>5W+1H</i>	<i>Description</i>	<i>Action</i>
Proses Assembly Core External Mengalami Delay	Material	<i>What?</i>	Apa langkah perbaikan yang harus dilakukan?	Perbaikan yang harus dilakukan yaitu membuat <i>kit list</i> dan mengelompokkan tiap jenis <i>kit part</i>
		<i>Why?</i>	Mengapa perbaikan perlu dilakukan?	Agar operator yang bekerja tidak mengalami kesulitan dalam mencari material saat proses <i>Assembly</i> dilakukan
		<i>Where?</i>	Dimana rencana perbaikan dilakukan?	Perbaikan ini akan dilakukan pada bagian <i>Assembly Engine</i>
		<i>When?</i>	Kapan perbaikan akan dilakukan?	Secepatnya, diharapkan juga untuk para tim produksi/operator dapat lebih terampil dan juga teliti dalam melaksanakan proses <i>assembly</i>
		<i>Who?</i>	Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan perbaikan?	Dilaksanakan oleh tim <i>Kitting</i> dan juga dibantu oleh tim <i>Planning Engineer</i>
		<i>How?</i>	Bagaimana pelaksanaan perbaikan dilakukan?	Tim <i>Engineering</i> harus membuat <i>kit list</i> dan Tim <i>Kitting</i> membuat <i>visual management</i> tiap kelompok <i>kit part</i> agar memudahkan tim produksi dalam melakukan proses <i>assembly</i>
Proses Assembly Core External Mengalami Delay	Methods	<i>What?</i>	Apa langkah perbaikan yang harus dilakukan?	Perbaikan yang harus dilakukan yaitu membuat <i>BoM</i> tiap proses dan melakukan <i>update Workplan</i> secara berkala
		<i>Why?</i>	Mengapa perbaikan perlu dilakukan?	Agar memudahkan tim produksi dalam proses <i>assembly</i> dan <i>Work Plan</i> yang telah dibuat dapat berjalan sesuai dengan rencana
		<i>Where?</i>	Dimana rencana perbaikan dilakukan?	Perbaikan ini akan dilakukan pada bagian <i>Assembly Engine</i>
		<i>When?</i>	Kapan perbaikan akan dilakukan?	Secepatnya, diharapkan juga untuk para tim produksi dapat lebih terampil dan juga teliti dalam melaksanakan tugasnya
		<i>Who?</i>	Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan perbaikan?	Dilaksanakan oleh tim <i>Planning Engineer</i>
		<i>How?</i>	Bagaimana pelaksanaan perbaikan dilakukan?	Tim <i>Planning Engineer</i> harus membuat <i>BoM</i> yang sesuai agar memudahkan tim produksi dalam melakukan proses <i>assembly</i>
Proses Assembly Core External Mengalami Delay	Manpower	<i>What?</i>	Apa langkah perbaikan yang harus dilakukan?	Perbaikan yang harus dilakukan yaitu membuat Standarisasi Jumlah Operator tiap <i>Order</i>
		<i>Why?</i>	Mengapa perbaikan perlu dilakukan?	Agar tidak terjadi <i>Over Manhours</i> dan pengerjaan menjadi lebih efisien
		<i>Where?</i>	Dimana rencana perbaikan dilakukan?	Perbaikan ini akan dilakukan pada bagian <i>Assembly Engine</i>
		<i>When?</i>	Kapan perbaikan akan dilakukan?	Secepatnya, diharapkan juga untuk para tim produksi dapat lebih terampil dan juga teliti dalam melaksanakan tugasnya
		<i>Who?</i>	Siapa yang akan mengerjakan aktivitas rencana tindakan perbaikan?	Dilaksanakan oleh tim <i>Planning Engineer</i>
		<i>How?</i>	Bagaimana pelaksanaan perbaikan dilakukan?	Tim <i>Planning Engineer</i> harus membuat Standarisasi Jumlah operator agar tiap order dapat berjalan sesuai dengan <i>Workplan</i> yang dibuat

Pada tahap *Improve*, penulis menggunakan Tools 5W+1H untuk menjawab permasalahan yang ditemukan. Dari hasil tabel 5W+1H yang sudah dibuat, penulis mendapat solusi perbaikan dari faktor material berupa pembuatan Kit List dan pengelompokkan material serta pembuatan *Visual Management*. Manfaat dari perbaikan ini tentunya untuk memudahkan operator yang nantinya akan melakukan proses *Assembly Engine*. Perbaikan ini sangat memungkinkan dan mudah untuk diterapkan

karena tidak memakan biaya dan waktu yang lama. Nantinya, usulan perbaikan ini akan dikerjakan oleh tim *Kitting* yang akan dibantu oleh tim *Engineering*.

Usulan perbaikan kedua dari faktor metode, yaitu penyesuaian kembali *Work Plan* dan melengkapi *Bill of Material* sebelum memulai proses *Assembly Engine*. Tujuan dilakukan perbaikan ini agar proses *Assembly* yang dijalankan dapat sesuai dengan penjadwalan yang telah dibuat. Selain itu, melengkapi *Bill of Material* sebelum memulai tiap proses *Assembly* akan memangkas waktu menunggu (*Idle*) operator yang akan bekerja. Dimana, perbaikan ini akan dikerjakan oleh tim *Engineering*.

Usulan perbaikan ketiga dilakukan pada faktor *Manpower* yaitu penetapan standarisasi jumlah operator dalam setiap Order. Perbaikan ini bertujuan untuk meminimasi *Over Man Hour* pada proses *Assembly*. Penulis membuat usulan ini dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi proses *Assembly* agar tidak ada waktu bekerja yang berlebihan ataupun terbuang. Nantinya, perbaikan ini dilakukan oleh tim *Engineering* diawal proses *Assembly Engine*. Selanjutnya, usulan perbaikan akan diterapkan pada *Maintenance* berikutnya dengan tipe Engine dan Order yang sama sehingga menghasilkan data sebagai berikut :

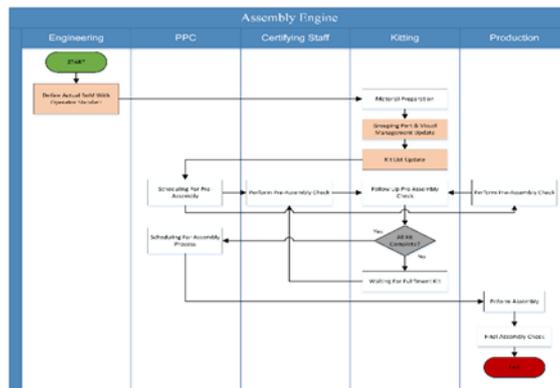
Tabel 8. Hasil Pengukuran DPMO Setelah Perbaikan

<i>Delay Tolerance</i>	<i>Delay</i>	<i>Work Plan</i>	<i>DPMO</i>	<i>Sigma (Zst)</i>	<i>Cp</i>
2	41,6711	340	61.281	3,04	1,01

Setelah usulan perbaikan berupa pengelompokan material dan pembuatan *Kit List* diterapkan, penulis mendapatkan data pengukuran kembali yang menunjukkan bahwa nilai *DPMO* sebesar 61.281 dengan nilai sigma sebesar 3,04. Nilai sigma setelah perbaikan mengalami kenaikan walau tetap berada pada rata-rata industri Indonesia tetapi jumlah *delay* yang dihasilkan jauh berkurang. Selain itu, nilai *capability process* (*Cp*) yang terhitung sebesar 1,01 yang artinya proses sudah kapabel dijalankan walau dengan *Control* yang cukup ketat. Kedua hal ini menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diajukan penulis sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa penerepanan six sigma berdampak positif terhadap pengurangan *delay* pada proses *assembly* jika keseluruhan usulan diterapkan dan dilakukan secara berkelanjutan [26].

3.5. *Control*

Setelah perbaikan dilakukan, maka penulis melanjutkan ke tahap *control*. Tujuan dari tahapan *control* sendiri adalah untuk menetapkan standarisasi serta mengontrol dan mempertahankan proses yang telah diperbaiki dan ditingkatkan tersebut dalam jangka panjang serta mencegah potensi permasalahan yang akan terjadi di kemudian hari ataupun ketika ada pergantian proses, tenaga kerja maupun pergantian manajemen. Dalam hal ini, penulis membuat *swimlane diagram* agar perusahaan dapat melihat dan mengontrol secara langsung usulan perbaikan yang dilakukan.



Gambar 5. Swimlane Diagram Setelah Perbaikan

Dari *Swimlane Diagram* diatas, penulis menambahkan beberapa proses kerja pada bagian berwarna yang berwarna merah muda yaitu pembuatan standarisasi jumlah operator pada tim *Engineering* dan dua buah proses kerja pada bagian *Kitting* yaitu melakukan pengelompokan *part material* dan melakukan *update* dari part yang sudah dikelompokkan kedalam *Kit List*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh penulis, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil analisis *Fishbone Diagram* dan *Root Cause Analysis*, faktor yang menjadi penyebab keterlambatan tertinggi pada proses *Assembly Core External Engine* yaitu belum adanya *Kit List* dan pengelompokan material dengan persentase sebesar 39%, kekurangan operator dengan persentase sebesar 22%, dan *bill of material* yang belum terpenuhi dengan persentase sebesar 20%.
2. Berdasarkan hasil pengukuran pada tahap *measure* menggunakan Tool DPMO, diperoleh nilai sigma sebelum perbaikan sebesar 2.4 sigma dimana nilai tersebut merupakan rata-rata industri di Indonesia dengan tingkat *defect* atau *delay* yang cukup tinggi dan nilai *capability process* 0,80 yang berarti proses *assembly engine* belum *kapabel* untuk dijalankan sehingga perlu dilakukan perbaikan. Usulan perbaikan yang diberikan yaitu pembuatan *Kit List* dan pengelompokan material, pembuatan standarisasi jumlah operator tiap order, dan melengkapi BoM sebelum melakukan proses *assembly*.
3. Berdasarkan data hasil pengukuran kembali setelah diterapkan usulan perbaikan berupa pengelompokan material dan pembuatan *Kit List*, didapatkan nilai sigma sebesar 3,04 dan nilai *capability process* sebesar 1,01. Nilai sigma setelah perbaikan mengalami kenaikan walau tetap berada pada rata-rata industri Indonesia tetapi jumlah *Delay* yang dihasilkan jauh berkurang. Begitu juga dengan tingkat *capability process* yang sudah *kapabel* dijalankan walau dengan kontrol yang cukup ketat. Hal ini menunjukkan bahwa usulan perbaikan memberi dampak positif terhadap pengurangan keterlambatan pada proses *assembly core external engine*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Saragih and F. Sinaga, "GMF Aero Asia: aiming for the Middle-East base," *Emerald Emerging Markets Case Studies*, 2019, doi: 10.1108/EEMCS-12-2018-0257.
- [2] R. K. SILAEN, ... *FAKTOR-FAKTOR PENYEBAB TERJADINYA DEVIASI PERFORMANCE AKIBAT TECHNICAL DELAY PADA PESAWAT AIRBUS 330-200/300 DI PT. GMF AEROASIA*. repository.mercubuana.ac.id, 2019. [Online]. Available: <https://repository.mercubuana.ac.id/51791/>
- [3] Y. Trakulsunti and J. Antony, "Can Lean Six Sigma be used to reduce medication errors in the health-care sector?," *Leadership in Health Services*, vol. 31, no. 4, pp. 426–433, 2018.
- [4] V. Gasperz and A. Fontana, "Lean Six Sigma for Manufacturing and Engineering," in *Proceedings of International Conference on Industrial Engineering and Operations Management 2011*, 2011.
- [5] E. Muslim, R. E. Kusumawati, and V. Cendana, "Measurement of maintenance performance using six sigma maintenance scorecard method (case study in PT X aircraft service maintenance workshop)," in *ACM International Conference Proceeding Series*, Association for Computing Machinery, Sep. 2019, pp. 273–277. doi: 10.1145/3364335.3364373.
- [6] N. R. Nurwulan, "Peningkatan Efisiensi di Industri Jasa Penerbangan dengan Lean Six Sigma: Kajian Literatur," *IKRAITH-EKONOMIKA*, vol. 4, no. 1, pp. 128–135, 2021.
- [7] R. Pratiwi, T. H. Subagyo, D. D. Kania, and P. Ricardianto, "Penerapan Metode Lean Six Sigma untuk Meningkatkan Keakuratan Jadwal Perawatan Pesawat CN-295M di Skadron Teknik 021. Warta Ardhia Jurnal Perhubungan Udara, 47," *Jurnal Perhubungan Udara*, vol. 9066, 2021.
- [8] D. L. Trenggonowati, A. Umyati, R. Patradhiani, A. Sonda, and F. P. Sari, "Analisis Penerapan Lean Six Sigma untuk Mengurangi Turn Around Time (TAT) C-CHECK pada Jasa Perawatan Pesawat," *Integrasi: Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 6, no. 2, pp. 70–80, 2021.
- [9] O. Sutaarga, I. Andrian Syarief, P. Studi Teknik Industri, F. Teknik, and U. Muhammadiyah Tangerang, "Analisa Waste Man hours Pada Pekerjaan Modifikasi Structure Bulkhead Body STA 2598 Pesawat 747-400 Di PT. GMF Aeroasia Tbk. Manhours Waste Analysis On Bulkhead Body Structure Modification Work STA 2598 Aircraft 747-400 at PT. GMF Aeroasia Tbk," *Journal Industrial Manufacturing*, vol. 8, no. 1, 2023.
- [10] V. Gasperz, "Studi Benchmarking Sistem Logistik Nasional (SISLOGNAS) Indonesia Menggunakan Pendekatan Manajemen Sistem Logistik Lean Six Sigma," ... *Nasional Manajemen Industri dan Rantai Pasok*, 2022, [Online]. Available: <https://jurnal.poltekapp.ac.id/index.php/SNMIP/article/view/1201>
- [11] I. A. S. Wulandari, S. D. Ayuni, and L. Hudi, "Implementation of SIPOC analysis as productivity improvement in tilapia aquaculture," *Community Empowerment*, 2023, [Online]. Available: <https://journal.unimma.ac.id/index.php/ce/article/view/8731>
- [12] D. E. H. Girsang and A. Arvianto, "PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK CRUDE PALM OIL (CPO) DENGAN METODE SIX SIGMA MELALUI PENDEKATAN DMAIC (Studi Kasus PTPN II PKS Sawit ...)," *Industrial Engineering Online ...*, 2023, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/40288>
- [13] R. R. Deri, I. S. Nugroho, and ..., "Analysis of Quality Management System in the Textile Industry with the 5R/5S Method and Fish Bone Diagram," *Prosiding ...*, 2020, [Online]. Available: <http://conference.loupiasconference.org/index.php/ICoISSE/article/view/118>

- [14] A. F. Burhanuddin and W. Sulistiyowati, "Quality Control Design to Reduce Shoes Production Defects Using Root Cause Analysis and Lean Six Sigma Methods," *Procedia of Engineering and ...*, 2022, [Online]. Available: <https://pels.umsida.ac.id/index.php/PELS/article/view/1242>
- [15] F. P. Dharma, Z. F. Ikatrinasari, H. H. Purba, and ..., "Reducing non conformance quality of yarn using pareto principles and fishbone diagram in textile industry," *IOP Conference Series ...*, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/508/1/012092.
- [16] B. D. Kaemingk, C. A. Hobbs, A. C. Streeton, K. Morgan, and ..., "Improving the Timeliness and Efficiency of Discharge from the NICU," ..., 2022, [Online]. Available: <https://publications.aap.org/pediatrics/article-abstract/149/5/e2021052759/186704>
- [17] V. Gasperz, "Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries," *Vinchrsto Publication, Bogor*, 2011.
- [18] A. S. Nugroho and S. N. W. Pramono, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Six Sigma pada Produk AMDK 240 ml (Studi Kasus: PT Tirta Investama (Aqua) Wonosobo)," *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [19] G. C. P. Condé, P. C. Oprime, M. L. Pimenta, J. E. Sordan, and C. R. Bueno, "Defect reduction using DMAIC and Lean Six Sigma: a case study in a manufacturing car parts supplier," *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. ahead-of-print, no. ahead-of-print, Jan. 2023, doi: 10.1108/IJQRM-05-2022-0157.
- [20] N. Li, C. M. Laux, and J. Antony, "How to use lean Six Sigma methodology to improve service process in higher education: A case study," *International Journal of Lean Six Sigma*, 2019, doi: 10.1108/IJLSS-11-2018-0133.
- [21] H. S. Sodhi, D. Singh, and B. J. Singh, "An empirical analysis of critical success factors of Lean Six Sigma in Indian SMEs," ... *Journal of Six Sigma and ...*, 2019, doi: 10.1504/IJSSCA.2019.103556.
- [22] P. S. Pande, R. P. Neuman, and R. R. Cavanaugh, *Six Sigma way: How to maximize the impact of your change and improvement efforts*. McGraw-Hill Education, 2014.
- [23] R. Ananda Sipahutar, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Kemasan Makanan Ternak Dengan Metode Six Sigma Dan Analisa Kaizen di PT. Central Proteina Prima Tbk. Article Info," Online, 2023.
- [24] E. Budiyanto and L. D. Yuono, *Proses Manufaktur*. Eko Budiyanto, 2021.
- [25] S. Tampubolon and H. H. Purba, "Lean six sigma implementation, a systematic literature review," *International Journal of Production ...*, 2021, [Online]. Available: <http://polipapers.upv.es/index.php/IJPME/article/view/14561>
- [26] D. Lintang Trenggonowati *et al.*, "Analisis Penerapan Lean Six Sigma untuk Mengurangi Turn Around Time (TAT) C-CHECK pada Jasa Perawatan Pesawat Analysis of Lean Six Sigma Implementation to Reduce Turn Around Time (TAT) C-CHECK on Aircraft Maintenance Services." [Online]. Available: <http://jurnal.um-palembang.ac.id/index.php/integrasi>