

**USULAN PERBAIKAN *DEFECT* PADA PROSES
PRODUKSI *FUSELAGE* PESAWAT NC212
MENGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND
EFFECT ANALYSIS* (FMEA)
(Studi Kasus : PT DIRGANTARA INDONESIA)**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik dari
Program Studi Teknik Industri
Fakultas Teknik Universitas Pasundan**

Oleh :

PIKI RASPATI

NRP : 223010114



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN**

2026

**USULAN PERBAIKAN *DEFECT* PADA PROSES PRODUKSI
FUSELAGE PESAWAT NC212 MENGGUNAKAN METODE
FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)
(Studi Kasus : PT DIRGANTARA INDONESIA)**

PIKI RASPATI
NRP : 223010114

Pembimbing Utama:

Dr. Ir. H. Chevy Herli Sumerli, M.T

ABSTRAK

PT Dirgantara Indonesia merupakan perusahaan manufaktur dirgantara yang memproduksi pesawat NC212. Pada proses perakitan fuselage masih ditemukan defect Incorrect Hole yang disebabkan oleh kegagalan pada proses drilling, sehingga berpotensi meningkatkan aktivitas rework, memperpanjang waktu produksi, dan menurunkan efisiensi proses. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pada proses drilling, menentukan prioritas risiko kegagalan, serta menyusun usulan perbaikan pada proses produksi fuselage pesawat NC212. Metode yang digunakan meliputi Diagram Pareto, C Control Chart, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), dan pendekatan 5W+1H. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Incorrect Hole merupakan defect dominan dengan 42 kejadian (31,82%) dari total 132 defect. Analisis C Control Chart menunjukkan proses belum sepenuhnya terkendali secara statistik, sedangkan Fishbone Diagram mengidentifikasi empat faktor penyebab kegagalan pada proses drilling, yaitu man, method, machine, dan material. Hasil FMEA menunjukkan faktor man memiliki nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi sebesar 288, diikuti method sebesar 240, machine sebesar 200, dan material sebesar 160. Berdasarkan prioritas risiko tersebut, disusun usulan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H yang meliputi peningkatan kompetensi operator, standarisasi proses marking, penyempurnaan Work Instruction (WI), pengendalian kondisi mesin drilling, serta inspeksi material sebelum proses produksi. Usulan perbaikan tersebut diharapkan dapat mengurangi kegagalan pada proses drilling, meminimalkan defect dan meningkatkan kualitas proses perakitan fuselage pesawat NC212.

Kata Kunci: Fuselage NC212, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fishbone Diagram, Kegagalan Proses, Pengendalian Kualitas, 5W+1H.

***PROPOSED DEFECT REPAIR PROCESS IN THE NC212
AIRCRAFT FUSELAGE PRODUCTION PROCESS USING THE
FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) METHOD
(Case Study: PT DIRGANTARA INDONESIA)***

PIKI RASPATI
NRP : 223010114

Main Advisor :

Dr. Ir. H. Chevy Herli Sumerli, M.T

ABSTRACT

PT Dirgantara Indonesia is an aerospace manufacturing company that produces NC212 aircraft. In the fuselage assembly process, Incorrect Hole defects are still found caused by failures in the drilling process, thus potentially increasing rework activities, extending production time, and reducing process efficiency. This study aims to identify the causes of failure in the drilling process, determine the priority of failure risks, and develop improvement proposals for the production process of the NC212 aircraft fuselage. The methods used include Pareto Diagram, C Control Chart, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), and the 5W + 1H approach. The results of the study indicate that Incorrect Hole is the dominant defect with 42 occurrences (31.82%) of a total of 132 defects. C Control Chart analysis shows that the process is not fully statistically controlled, while the Fishbone Diagram identifies four factors causing failure in the drilling process, namely man, method, machine, and material. The FMEA results show that the human factor has the highest Risk Priority Number (RPN) value of 288, followed by the method at 240, the machine at 200, and the material at 160. Based on these risk priorities, improvement proposals were prepared using the 5W + 1H approach which includes increasing operator competency, standardizing the marking process, improving Work Instructions (WI), controlling the condition of the drilling machine, and inspecting materials before the production process. These improvement proposals are expected to reduce failures in the drilling process, minimize defects and improve the quality of the NC212 aircraft fuselage assembly process.

Keywords: NC212 Fuselage, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), Fishbone Diagram, Process Failure, Quality Control, 5W+1H.

**USULAN PERBAIKAN *DEFECT* PADA PROSES
PRODUKSI *FUSELAGE* PESAWAT NC212 MENGGUNAKAN
METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)
(Studi Kasus : PT DIRGANTARA INDONESIA)**

Oleh:

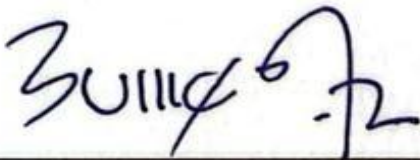
**Piki Raspati
NRP : 223010114**

Menyetujui
Tim Pembimbing

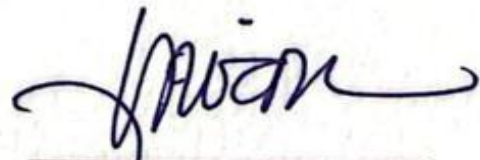
Tanggal, 12 Agustus 2026.

Pembimbing

Penelaah



Dr. Ir. H. Chevy Herli Sumerli A., M.T



Dr. Ir. Yogi Yogaswara, M.T

Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Hj. Putri Mety Zalynda, M.T

PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Sarjana yang tidak dipublikasikan terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Pasundan, dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada pengarang dengan mengikuti aturan HaKI yang berlaku di Universitas Pasundan. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau peringkasan hanya dapat dilakukan seizin pengarang dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Memperbanyak atau menerbitkan sebagian atau seluruh Tugas Akhir haruslah seizin Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

PERNYATAAN

Dengan ini Saya menyatakan bahwa Judul Tugas Akhir :

**USULAN PERBAIKAN *DEFECT* PADA PROSES
PRODUKSI *FUSELAGE* PESAWAT NC212 MENGGUNAKAN
METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)
(Studi Kasus : PT DIRGANTARA INDONESIA)**

Adalah hasil kerja saya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya dengan cara penulisan referensi yang sesuai. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan jika pernyataan ini tidak sesuai dengan kenyataan maka saya bersedia menanggung sanksi yang akan dikenakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Bandung, 12 Agustus 2026



Piki Raspati
223010114

Dipersembahkan kepada kedua orang tua, kakak dan partner tersayang

KATA PENGANTAR

Assalamu‘alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Usulan Perbaikan *Defect* pada Proses Produksi *Fuselage* Pesawat NC212 Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Studi Kasus : PT Dirgantara Indonesia)”. Tugas Akhir ini disusun sebagai bagian dari pemenuhan syarat guna meraih gelar Sarjana Teknik Industri di Fakultas Teknik, Universitas Pasundan Bandung.

Selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis tidak terlepas dari doa, dukungan, serta bimbingan dari berbagai. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Ucapan terimakasih tersebut ditujukan kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Chevy Herli Sumerli A., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk membimbing penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini. Atas arahan dan masukan yang diberikan dengan penuh kesabaran dan perhatian, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik,
2. Bapak Dr. Ir. Yogi Yogaswara, M.T., selaku dosen penelaah yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan pandangan kritis yang membangun selama proses penyusunan Tugas Akhir ini,
3. Ibu Dr. Ir. Hj. Putri Mety Zalynda, M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Universitas Pasundan Bandung,
4. Bapak Asep Khurnia, selaku pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta masukan selama pelaksanaan penelitian di PT. Dirgantara Indonesia,
5. Bapak Wildan Achzani, S.T., selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan bimbingan, arahan, serta dukungan dalam proses pengumpulan data dan pelaksanaan penelitian di PT. Dirgantara Indonesia,

6. Seluruh pihak PT Dirgantara Indonesia yang telah memberikan kesempatan, izin, serta dukungan selama pelaksanaan penelitian,
7. Mamah dan kakak yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, motivasi, serta pengorbanan yang tiada henti kepada penulis. Terima kasih karena telah memberikan semangat dalam setiap keadaan, serta mendampingi penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir ini hingga dapat terselesaikan dengan baik,
8. Seseorang yang penulis kenal sejak 2016 yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, kasih sayang, serta setia menemani penulis dalam suka maupun duka. Terima kasih karena selalu menjadi tempat berbagi, sumber semangat, dan pendamping selama proses penyusunan Tugas Akhir ini,
9. Teman-teman Teknik Industri Angkatan 2022 seperjuangan yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini, sehingga penulis dapat menyelesaikannya dengan baik,
10. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang telah memberikan bantuan, dukungan, doa, dan semangat kepada penulis sejak awal penelitian hingga penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan sebagai bahan perbaikan. Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya dalam bidang Teknik Industri. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapat balasan dari Allah SWT.

Wassalamu‘alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Bandung, Agustus 2026

Piki Raspati
NPM 223010114

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
<i>ABSTRACT</i>	ii
PEDOMAN PENGGUNAAN TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-5
I.3 Tujuan Penelitian	I-5
I.4 Manfaat Penelitian	I-6
I.5 Batasan Penelitian.....	I-6
I.6 Sistematika Penulisan	I-6
BAB II LANDASAN TEORI DAN STUDI LITERATUR	
II.1 Penelitian Terdahulu.....	II-1
II.2 Landasan Teori & Studi Literatur	II-4
II.2.1 Manajemen Kualitas	II-4
II.2.2 <i>Total Quality Management (TQM)</i>	II-5
II.2.2.1 Sejarah <i>Total Quality Management (TQM)</i>	II-5
II.2.2.2 Definisi <i>Total Quality Management (TQM)</i>	II-7
II.2.3 Definisi Kualitas	II-8
II.2.4 Pengendalian Kualitas (<i>Quality Control</i>)	II-10
II.2.4.1 Definisi Pengendalian Kualitas	II-10
II.2.4.2 Tujuan Pengendalian Kualitas	II-11
II.2.4.3 Langkah-langkah Pengendalian Kualitas.....	II-12
II.2.4.4 Tahapan Pengendalian Kualitas	II-13
II.2.4.5 Alat Bantu Pengendalian Kualitas	II-14
II.2.5 Perbaikan Kualitas Proses.....	II-20

II.2.5.1 <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	II-21
II.2.5.1.1 Pengertian <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	II-21
II.2.5.1.2 Jenis-Jenis FMEA	II-22
II.2.5.1.3 Langkah-Langkah FMEA	II-23
II.2.6 <i>Fuselage</i>	II-26
II.2.6.1 Pengertian <i>Fuselage</i>	II-26
II.2.6.2 Fungsi dan Struktur <i>Fuselage</i>	II-27
II.2.6.2.1 Fungsi <i>Fuselage</i>	II-27
II.2.6.2.2 Struktur <i>Fuselage</i>	II-29
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
III.1 Jenis Penelitian.....	III-1
III.2 Objek Penelitian	III-1
III.3 Subjek Penelitian.....	III-2
III.4 Teknik Pengumpulan Data	III-2
III.5 Metodologi Penelitian	III-3
III.6 Identifikasi <i>Defect</i>	III-7
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	
IV.1 Pengumpulan Data	IV-1
IV.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan	IV-1
IV.1.2 Logo Perusahaan	IV-2
IV.1.3 Visi, Misi dan Strategi Perusahaan	IV-3
IV.1.3.1 Visi	IV-3
IV.1.3.2 Misi.....	IV-3
IV.1.3.3 Strategi.....	IV-4
IV.1.4 Struktur Organisasi Perusahaan	IV-4
IV.1.5 <i>Flow Process</i> Produksi.....	IV-7
IV.1.6 Proses Perakitan <i>Fuselage</i>	IV-8
IV.1.7 Produk yang Dihasilkan	IV-18
IV.1.7.1 <i>Fixed Wing</i>	IV-18
IV.1.7.2 <i>Rotary Wing</i>	IV-21
IV.2 Pengolahan Data	IV-24
IV.2.1 Identifikasi Kegagalan Proses <i>Fuselage</i> NC212.....	IV-25

IV.2.2 Jenis Kegagalan Proses Pada Perakitan <i>Fuselage</i> NC212	IV-26
IV.2.3 Identifikasi <i>Defect</i> Dominan Menggunakan Diagram <i>Pareto</i>	IV-27
IV.2.4 Analisis Kestabilan Proses Menggunakan <i>C Control Chart</i>	IV-29
IV.2.4.1 Penyusunan <i>C Control Chart</i> Iterasi 1	IV-30
IV.2.4.2 Penyusunan <i>C Control Chart</i> Iterasi 2	IV-31
IV.2.4.3 Penyusunan <i>C Control Chart</i> Iterasi 3	IV-32
IV.2.5 Analisis Akar Penyebab Kegagalan Proses Menggunakan <i>Fishbone</i> Diagram	IV-34
IV.2.6 <i>Failure Mode and Effects Analysis</i> (FMEA)	IV-35
IV.2.6.1 Menentukan Tabel SOD	IV-35
IV.2.6.2 Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	IV-38
IV.2.7 Usulan Perbaikan Berdasarkan Hasil Analisis FMEA.....	IV-40
IV.2.7.1 Identifikasi Rancangan Perbaikan	IV-40
IV.2.7.2 Penyusunan Rancangan Perbaikan	IV-42
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	V-1
V.1 Analisis Hasil Pengendalian Kualitas	V-1
V.2 Analisis Identifikasi <i>Defect Fuselage</i> NC212.....	V-1
V.3 Analisis Diagram <i>Pareto</i>	V-3
V.4 Analisis <i>C Control Chart</i>	V-4
V.4.1 Analisis <i>C Control Chart</i> Iterasi 1	V-5
V.4.2 Analisis <i>C Control Chart</i> Iterasi 2.....	V-5
V.4.3 Analisis <i>C Control Chart</i> Iterasi 3.....	V-6
V.5 Analisis <i>Fishbone</i> Diagram	V-7
V.6 Analisis <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	V-8
V.7 Analisis Rancangan Perbaikan Dengan Pendekatan 5W+1H	V-10
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	
VI.1 Kesimpulan	VI-1
VI.2 Saran	VI-3
LAMPIRAN	
DAFTAR PUSTAKA	

DAFTAR GAMBAR

Gambar I. 1 Data <i>Defect Fuselage</i> NC212 Tahun 2025	I-3
Gambar I. 2 Diagram <i>Pareto Defect Fuselage</i> NC212 Tahun 2025.....	I-4
Gambar I. 2 <i>Defect Incorrect Hole</i>	I-5
Gambar II. 1 Siklus PDCA.....	II-12
Gambar II. 2 Contoh <i>Check Sheet</i>	II-15
Gambar II. 3 Contoh <i>Scatter</i> Diagram	II-15
Gambar II. 4 Contoh Diagram <i>Pareto</i>	II-16
Gambar II. 5 Contoh <i>Histogram</i>	II-16
Gambar II. 6 Contoh <i>Fishbone</i> Diagram	II-17
Gambar II. 7 Contoh <i>Control Chart</i>	II-17
Gambar II. 8 Contoh <i>Flowchart</i>	II-18
Gambar II. 9 Struktur <i>Truss</i> (Rangka Terbuka).....	II-30
Gambar II. 10 Struktur <i>Monocoque</i>	II-30
Gambar II. 11 Struktur <i>Semi-Monocoque</i>	II-31
Gambar III. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	III-4
Gambar III. 2 <i>Flowchart</i> Metoda Penelitian.....	III-5
Gambar IV. 1 Logo PT Dirgantara Indonesia	IV-2
Gambar IV. 2 Struktur Organisasi PT Dirgantara Indonesia	IV-5
Gambar IV. 3 Struktur Organisasi Departemen <i>Sub Assembly</i>	IV-6
Gambar IV. 4 <i>Flow Process</i> Perakitan <i>Fuselage</i>	IV-7
Gambar IV. 5 <i>Operation Process Chart</i> Perakitan <i>Fuselage</i>	IV-8
Gambar IV. 6 <i>Frame</i>	IV-9
Gambar IV. 7 <i>Skin Panel</i>	IV-9
Gambar IV. 8 <i>Stringer</i>	IV-10
Gambar IV. 9 <i>Longeron</i>	IV-10
Gambar IV. 10 <i>Bracket</i>	IV-11
Gambar IV. 11 <i>Door Frame</i>	IV-11
Gambar IV. 12 <i>Window Frame</i>	IV-12
Gambar IV. 13 <i>Cleco</i>	IV-12
Gambar IV. 14 <i>Solvent</i>	IV-13

Gambar IV. 15 <i>Sealant</i>	IV-13
Gambar IV. 16 <i>Rivet</i>	IV-14
Gambar IV. 17 <i>Fastener</i>	IV-14
Gambar IV. 18 <i>Doubler</i>	IV-15
Gambar IV. 19 Pesawat N219.....	IV-19
Gambar IV. 20 Pesawat NC212	IV-20
Gambar IV. 21 Pesawat CN235	IV-20
Gambar IV. 22 Pesawat CN295	IV-21
Gambar IV. 23 Helikopter AS550	IV-22
Gambar IV. 24 Helikopter AS565 MBe	IV-22
Gambar IV. 25 Helikopter Super Puma	IV-23
Gambar IV. 26 Helikopter Bell 412EP	IV-24
Gambar IV. 27 Digram <i>Pareto</i>	IV-28
Gambar IV. 28 Grafik C <i>Control Chart</i> iterasi 1	IV-31
Gambar IV. 29 Grafik C <i>Control Chart</i> iterasi 2	IV-32
Gambar IV. 30 Grafik C <i>Control Chart</i> iterasi 3	IV-33
Gambar IV. 31 <i>Fishbone</i> Diagram <i>Incorrect Hole</i>	IV-34
Gambar IV. 32 Usulan Perbaikan 5W+1H	IV-42

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu.....	II-1
Lanjutan Tabel II. 2 Penelitian Terdahulu	II-2
Tabel II. 3 <i>GAP Table</i>	II-3
Lanjutan Tabel II. 4 <i>GAP Table</i>	II-4
Tabel II. 5 Metode 5W+1H.....	II-20
Tabel II. 6 Pedoman Nilai Rating <i>Severity</i>	II-24
Tabel II. 7 Pedoman Nilai Rating <i>Occurren</i>	II-25
Tabel II. 8 Pedoman Nilai Rating <i>Detection</i>	II-25
Tabel IV. 1 Data Kegagalan Proses Perakitan <i>Fuselage</i> NC212 Periode 2025...IV-	25
Tabel IV. 2 Persentase Jenis <i>Defect Fuselage</i> NC212	IV-28
Tabel IV. 3 Perhitungan C <i>Control Chart</i> Iterasi 1.....	IV-30
Tabel IV. 4 Perhitungan C <i>Control Chart</i> Iterasi 2.....	IV-31
Tabel IV. 5 Perhitungan C <i>Control Chart</i> Iterasi 3.....	IV-33
Tabel IV. 6 Kriteria Penilaian <i>Severity</i> untuk Proses <i>Drilling</i>	IV-37
Tabel IV. 7 Kriteria Penilaian <i>Occurrence</i> untuk Proses <i>Drilling</i>	IV-37
Tabel IV. 8 Kriteria Penilaian <i>Detection</i> untuk Proses <i>Drilling</i>	IV-37
Tabel IV. 9 Hasil Perhitungan dan Prioritas RPN Pada Proses <i>Drilling</i>	IV-38
Tabel IV. 10 <i>Root Cause</i> Dengan RPN Tertinggi.....	IV-41

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dirgantara nasional menunjukkan peran yang semakin strategis seiring dengan meningkatnya kebutuhan transportasi udara, pertahanan negara, serta penguasaan teknologi manufaktur tingkat lanjut. Indonesia sebagai negara kepulauan dengan kondisi geografis yang beragam membutuhkan pesawat udara yang andal, ekonomis, serta mampu beroperasi di daerah terpencil dengan infrastruktur terbatas. Kondisi ini mendorong pentingnya pengembangan dan produksi pesawat angkut ringan yang sesuai dengan karakteristik wilayah Indonesia.

Menurut Wakil Menteri Perindustrian, Faisol Riza, tren permintaan komponen pesawat menunjukkan pertumbuhan yang positif. Peningkatan ini didorong oleh bertambahnya kebutuhan armada pesawat baru serta kebutuhan penggantian komponen untuk keperluan perawatan dan perbaikan (*maintenance, repair, and overhaul/MRO*). Selain itu, perkembangan industri dirgantara maupun pasar penerbangan domestik yang terus meningkat turut menjadi faktor pendorong naiknya permintaan komponen dirgantara di Indonesia. Industri dirgantara merupakan salah satu sektor manufaktur berteknologi tinggi yang memiliki kompleksitas rantai pasok yang panjang, terintegrasi, serta membutuhkan standar kualitas yang sangat ketat. Salah satu perusahaan yang berperan penting dalam industri tersebut adalah PT Dirgantara Indonesia (Persero).

PT Dirgantara Indonesia (Persero) merupakan satu-satunya industri manufaktur pesawat terbang di Indonesia dan kawasan Asia Tenggara yang memiliki kemampuan terintegrasi dalam perancangan, pengembangan, serta produksi pesawat udara sipil dan militer. Salah satu produk unggulan PT Dirgantara Indonesia adalah pesawat NC212, pesawat ini dirancang sebagai pesawat multiguna yang mampu melayani kebutuhan transportasi perintis, patroli maritim, hingga misi militer dan kemanusiaan. Sebagai produk yang digunakan untuk mendukung keselamatan dan mobilitas penerbangan, setiap proses produksinya harus

memenuhi standar kualitas dan kelaikudaraan (*airworthiness*) yang telah ditetapkan.

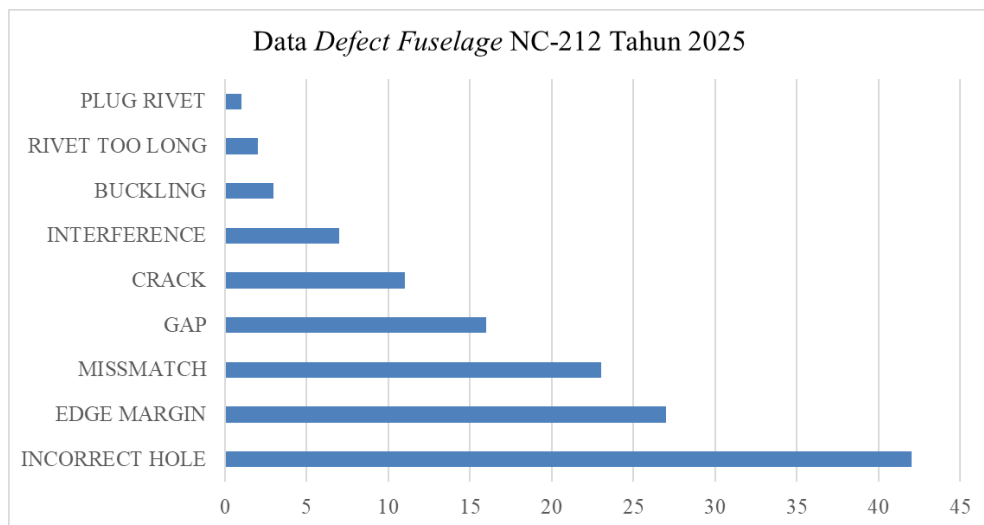
Dalam industri manufaktur pesawat terbang, kualitas struktur pesawat merupakan aspek yang tidak dapat ditawar karena berkaitan langsung dengan keselamatan penerbangan. Salah satu struktur utama (*primary structure*) yang sangat menentukan integritas pesawat adalah *fuselage*, yaitu badan pesawat yang berfungsi sebagai tempat kabin penumpang, *cockpit*, ruang kargo, sekaligus sebagai struktur penghubung komponen utama lainnya seperti sayap, ekor, dan *landing gear*. Selama pesawat beroperasi, *fuselage* menerima berbagai jenis beban, mulai dari beban statis, beban dinamis, tekanan kabin, getaran, hingga beban aerodinamis. Oleh karena itu, kekuatan dan keandalan struktur *fuselage* menjadi faktor penting dalam menjaga integritas struktur pesawat selama masa operasionalnya.

Atas dasar tersebut, proses perakitan *fuselage* dipilih sebagai objek penelitian karena merupakan salah satu tahapan yang paling kritis dalam proses manufaktur pesawat. Setiap ketidaksesuaian (*defect*) yang terjadi selama proses perakitan berpotensi memengaruhi kualitas struktur, meningkatkan aktivitas *rework*, menyebabkan pemborosan waktu dan material, serta menghambat kelancaran proses produksi. Lebih lanjut, apabila ketidaksesuaian tersebut tidak dikendalikan sesuai standar kualitas dan kelaikudaraan yang berlaku, maka dapat berdampak terhadap integritas struktur pesawat dan berpotensi memengaruhi aspek keselamatan penerbangan. Oleh sebab itu, pengendalian kualitas pada proses perakitan *fuselage* menjadi salah satu prioritas yang harus dilakukan secara konsisten untuk memastikan setiap komponen memenuhi spesifikasi yang telah ditetapkan

Pada proses produksi pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia, khususnya pada tahap perakitan *Fuselage*, masih ditemukan berbagai permasalahan kualitas berupa *defect* atau ketidaksesuaian (*nonconforming*). *Defect* dalam proses manufaktur pesawat tidak hanya menyebabkan meningkatnya waktu produksi, kebutuhan *rework*, dan pemborosan material, tetapi juga menunjukkan adanya potensi kegagalan proses yang harus segera diidentifikasi dan diperbaiki agar kualitas struktur tetap terjaga. Menurut (Pomalia., 2020), *defect* merupakan jenis pemborosan (*waste*) dengan kontribusi tertinggi pada proses panelisasi *Fuselage*

pesawat NC212, sehingga perlu mendapat perhatian khusus dalam upaya peningkatan kualitas produksi.

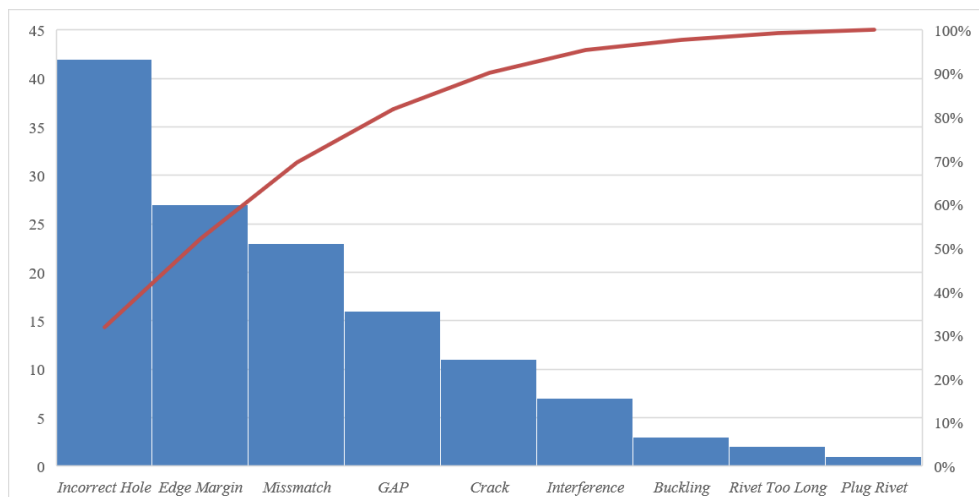
Berdasarkan data *defect fuselage* serta hasil pengamatan awal pada proses perakitan, masih terdapat beberapa jenis *defect* yang terjadi secara berulang pada proses produksi pesawat NC212. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses perakitan masih menghadapi berbagai potensi kegagalan yang perlu diidentifikasi penyebabnya sebagai dasar penyusunan usulan perbaikan. Berikut merupakan data *defect fuselage* NC212 pada tahun 2025 :



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar I. 1 Data *Defect Fuselage* NC212 Tahun 2025

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa pada proses perakitan *fuselage* NC212 selama tahun 2025 masih ditemukan beberapa jenis *defect* dengan jumlah kejadian yang bervariasi. Perbedaan frekuensi tersebut menunjukkan bahwa tidak semua jenis *defect* memiliki tingkat kejadian yang sama sehingga diperlukan identifikasi terhadap *defect* yang paling dominan sebagai dasar dalam menentukan prioritas perbaikan. Data tersebut diperoleh dari hasil inspeksi kualitas selama proses perakitan dan menggambarkan kondisi aktual yang terjadi pada proses produksi.



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar I. 2 Diagram *Pareto Defect Fuselage NC212 Tahun 2025*

Berdasarkan hasil Diagram Pareto, sekitar 80% dari total *defect* didominasi oleh empat jenis *defect*, yaitu *Incorrect Hole*, *Edge Margin*, *Mismatch*, dan *Gap*. Grafik tersebut menunjukkan bahwa *Incorrect Hole* merupakan *defect* dengan frekuensi kejadian tertinggi, yaitu sebanyak 42 kejadian atau sekitar 31,8% dari total 132 *defect* yang ditemukan. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa hampir sepertiga dari keseluruhan *defect* yang terjadi berasal dari jenis *Incorrect Hole*, sehingga menjadi permasalahan yang paling dominan pada proses perakitan *Fuselage NC212*. Selanjutnya, *defect Edge Margin* dengan 27 kejadian atau 20,5%, diikuti oleh *Mismatch* sebanyak 23 kejadian atau 17,4%, *Gap* sebanyak 16 kejadian atau 12,1%, *Crack* sebanyak 11 kejadian atau 8,3%, *Interference* sebanyak 7 kejadian atau 5,3%, *Buckling* sebanyak 3 kejadian atau 2,3%, *Rivet Too Long* sebanyak 2 kejadian atau 1,5%, serta *Plug Rivet* sebanyak 1 kejadian atau 0,8% dari total *defect* yang ditemukan.

Berdasarkan hasil identifikasi tersebut, penelitian ini difokuskan pada *defect Incorrect Hole* karena merupakan jenis *defect* dengan frekuensi kejadian tertinggi, termasuk ke dalam kelompok *vital few* berdasarkan Diagram Pareto. Oleh karena itu, diperlukan analisis yang lebih mendalam terhadap penyebab terjadinya *Incorrect Hole* agar dapat disusun usulan perbaikan yang tepat untuk meminimalkan potensi kegagalan proses pada perakitan *fuselage* pesawat NC212.

Berikut merupakan jenis *defect Incorrect Hole* yang terjadi pada proses perakitan *fuselage NC212* :



(Sumber : Departemen Sub *Assembly* PT Dirgantara Indonesia)

Gambar I. 3 *Defect Incorrect Hole*

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya *defect* dalam proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia?
2. Bagaimana proses pengendalian kualitas dalam mengidentifikasi potensi terjadinya *defect* pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia?
3. Bagaimana usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalkan terjadinya *defect* pada proses produksi *Fuselage* NC212 di PT Dirgantara Indonesia?

I.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi penyebab terjadinya *defect* dalam proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia.
2. Menganalisis proses pengendalian kualitas dalam mengidentifikasi potensi terjadinya *defect* pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia.
3. Memberikan usulan perbaikan yang dapat dilakukan untuk meminimalkan terjadinya *defect* pada proses produksi *Fuselage* NC212 di PT Dirgantara Indonesia.

I.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini untuk beberapa pihak terkait adalah sebagai berikut:

1. Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan ilmu manajemen kualitas, khususnya terkait pengendalian *defect* pada industri manufaktur berteknologi tinggi, serta menjadi bahan kajian untuk penelitian selanjutnya.

2. Perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat membantu perusahaan dalam mengidentifikasi penyebab *defect* serta memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan kualitas produksi, mengurangi *rework*, dan meningkatkan efisiensi proses produksi *Fuselage* NC212.

3. Penulis

Penelitian ini menjadi sarana bagi penulis untuk menerapkan ilmu pengendalian kualitas secara langsung di industri serta meningkatkan kemampuan analisis dan pemecahan masalah dalam bidang manufaktur.

I.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian pada penelitian kali ini ditetapkan supaya penelitian dan perancangan lebih fokus serta terarah, maka ditetapkan beberapa batasan sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengumpulan data hanya dilakukan di departemen *sub assembly aircraft*-AC2000 PT Dirgantara Indonesia.
2. Penelitian hanya fokus pada proses produksi pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia, khususnya pada tahap perakitan *Fuselage*.

I.6 Sistematika Penulisan

Penyusunan laporan ini disajikan secara terstruktur agar pembahasan lebih sistematis dan mudah dipahami. Adapun sistematika penulisannya adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab I berisi gambaran umum penelitian yang meliputi latar belakang permasalahan mengenai *defect* pada proses produksi *Fuselage* NC212 di PT Dirgantara Indonesia, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan penelitian, serta sistematika penulisan sebagai pedoman penyusunan Tugas Akhir.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab II memuat teori-teori yang relevan dengan penelitian, khususnya mengenai pengendalian kualitas, dan *defect* dalam proses manufaktur. Kajian teori ini menjadi dasar dalam menyusun kerangka berpikir dan mendukung proses analisis penelitian.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III menjelaskan tahapan penelitian yang dilakukan secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah, jenis dan pendekatan penelitian, teknik pengumpulan data, hingga langkah-langkah analisis menggunakan metode yang telah ditentukan. Bab ini menjadi pedoman pelaksanaan penelitian agar sesuai dengan tujuan yang telah dirumuskan.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab IV menyajikan data yang diperoleh selama penelitian, melalui observasi langsung di departemen *Sub Assembly Aircraft-AC2000*, wawancara dengan pihak terkait, maupun data historis perusahaan. Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah menggunakan pendekatan atau metode yang telah ditentukan untuk mengidentifikasi penyebab *defect* dan mengevaluasi tingkat risiko kegagalan.

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab V membahas hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis difokuskan pada identifikasi akar penyebab *defect*, evaluasi tingkat risiko, serta pembahasan mengenai efektivitas usulan perbaikan yang diberikan dalam meminimalkan *defect* pada proses produksi *Fuselage* NC212.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir berisi kesimpulan yang diperoleh dari seluruh rangkaian penelitian sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan. Selain itu, disampaikan pula saran yang dapat dijadikan pertimbangan bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas proses produksi serta rekomendasi untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

LANDASAN TEORI DAN STUDI LITERATUR

II.1 Penelitian Terdahulu

Berbagai penelitian terdahulu yang berfokus pada perbaikan dan pengendalian kualitas telah banyak dilakukan oleh para peneliti dengan pendekatan dan metode yang beragam. Hasil dari penelitian-penelitian tersebut tidak hanya memberikan gambaran mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas, tetapi juga menyajikan berbagai alternatif solusi perbaikan yang dapat diterapkan dalam konteks yang relevan. Oleh karena itu, kajian-kajian tersebut dapat dijadikan sebagai acuan serta pendukung dalam penyusunan penelitian ini. Adapun penelitian terdahulu yang diambil yaitu sebagai berikut:

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Author/Tahun	Masalah	Tujuan	Hasil
1	Analisis Kegagalan <i>Transformer Rectifier Unit</i> 3 Pada Pesawat Boeing 737-200 Dengan Metode FMEA	Farhan Alkhalif, Aldi Henda Hermawan, Ferry Setiawan (2025)	Kegagalan pada <i>Transformer Rectifier Unit</i> (TRU) pesawat Boeing 737-200	Untuk mengetahui penyebab kegagalan TRU-3, bagaimana dampaknya, serta bagaimana metode perawatan dan penanganan yang tepat	Penyebab utama kegagalan TRU-3 meliputi <i>under voltage</i> , <i>over voltage</i> , <i>over current</i> , dan <i>over temperature</i> , dengan nilai RPN tertinggi pada <i>under voltage</i> . Perawatan dilakukan secara preventif (<i>C-check</i>) dan korektif melalui penggantian unit.
2	Penerapan <i>Metode Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA) Untuk Mengurangi <i>Reject</i> Produk <i>Ref D-Nose</i> Sayap Pesawat Terbang A350 Di PT Dirgantara Indonesia (Persero)	Amelia (2024)	<i>Reject</i> komponen <i>Ref DNose</i> , dimana komponen tersebut tidak memenuhi standar kualitas yang diterapkan dan harus dibuang.	Untuk mengetahui penyebab <i>reject</i> yang terjadi pada proses Produksi Panel <i>Ref D-Nose</i> dan bagaimana perbaikan komponen <i>Ref DNose reject</i> .	Penyebab <i>reject</i> ialah perangkat produksi yang minim pemeliharaan dan pegawai yang lalai. Perbaikan yang dilakukan adalah mengadakan pelatihan dan pembinaan serta melaksanakan perbaikan untuk penurunan <i>Reject</i> produk <i>D-Nose</i> sebaiknya dimulai pada faktor penyebab <i>reject</i> yang dominan.

(Sumber : Analisis Peneliti)

Lanjutan Tabel II. 2 Penelitian Terdahulu

No.	Judul	Author/Tahun	Masalah	Tujuan	Hasil
3	FMEA dan <i>Fishbone Analysis</i> Untuk Mengetahui Risiko Kerusakan Komponen <i>Flight Control System</i> Penyebab <i>Aircraft Vibration</i> Helikopter Bell-412 TNI AL	Dian Supiandi, Hendro Yusworo, Haryono, Christian Tobing (2021)	Terjadi kegagalan (<i>failure</i>) <i>airvibration</i> pada suatu sistem atau komponen yang merupakan salah satu penghambat kesiapan operasi udara helikopter NBell-412.	Mengetahui faktor penyebab kerusakan pada komponen <i>flight control system</i> sebagai penyebab signifikan terjadinya <i>failure aircraft vibration</i> pada helikopter Bell-412 TNI AL.	Hasilnya Adalah factor-faktor penyebab kerusakan dapat diketahui. Identifikasi beberapa kemungkinan penyebab lain terjadinya <i>aircraft vibration</i> pada helikopter Bell-412 TNI AL selain dari faktor kerusakan material, tindakan preventif dan tindakan <i>recovery</i> menggunakan metode <i>fishbone analysis</i> agar lebih diidentifikasi dan dipahami.
4	<i>Analysis of The Causes of Failure In The Full Body Painting Process Of Aircraft Flights Using The Failure Mode and Effect Analysis Method</i>	Jofan Delfi Piliang, Nandar Cundara Abdurahman, Trenggono Tri Widodo (2024)	<i>The problem that occurs is the difficulty in achieving the desired quality standards, especially in terms of defects in the full body painting process.</i>	<i>To analyze the causes of failures that occur in the full body painting process and provide suggestions for improvements to the problems that occur.</i>	<i>The results showed that human factors, materials, machines, and methods were the main causes of defects, with "Lack of Technical Understanding" being the biggest factor. Improvements were proposed through intensive training for painters.</i>
5	<i>Quality Control Analysis Using the Basic Method Seven Tools and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) to Minimize Product Defects at Company X</i>	Gatot Basuki, Nataniel Viananda Gusdi, Moch Mahsun (2022)	<i>One issue with current jewelry manufacturing is that product defects make up 2% of the overall output</i>	<i>To identify defects that occur and provide improvement suggestion.</i>	<i>The integrated use of the Basic Seven Tools and FMEA methods provided a comprehensive analysis of product quality. The primary defect identified was broken keys, with the primary causes being machine and method-related.</i>

(Sumber : Analisis Peneliti)

Berdasarkan hasil kajian terhadap berbagai penelitian terdahulu, ditemukan adanya beberapa persamaan dan perbedaan dengan penelitian yang akan dilakukan. Persamaan utama terletak pada penggunaan metode analisis pengendalian kualitas untuk mengidentifikasi dan mengurangi potensi terjadinya *defect* pada proses produksi. Dalam penelitian ini, pendekatan yang digunakan adalah metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), yaitu metode yang berfokus pada identifikasi

kemungkinan kegagalan, penyebab terjadinya kegagalan, serta dampak yang ditimbulkan sehingga dapat ditentukan prioritas perbaikan yang perlu dilakukan.

Di samping memiliki kesamaan dalam tujuan pengendalian kualitas, penelitian ini juga mempunyai perbedaan dibandingkan penelitian sebelumnya, terutama pada objek penelitian dan lokasi pelaksanaan penelitian. Perbedaan tersebut memberikan sudut pandang baru yang disesuaikan dengan kondisi nyata perusahaan, sehingga hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi yang lebih relevan dan aplikatif dalam upaya peningkatan kualitas proses produksi.

Untuk memperjelas perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang sedang dilakukan, khususnya terkait persamaan dan perbedaan pada variabel pengendalian kualitas produk, maka uraian tersebut disajikan dalam bentuk table. Berikut merupakan tabel uraian tersebut:

Tabel II. 3 *GAP Table*

No.	Judul	Author/Tahun	Masalah	Tujuan	Hasil	<i>GAP</i>
1	Penerapan Metode <i>Failure Mode Effect Analysis</i> (FMEA) Untuk Mengurangi <i>Reject</i> Produk <i>Ref D-Nose</i> Sayap Pesawat Terbang A350 Di PT Dirgantara Indonesia (Persero)	Amelia (2024)	<i>Reject</i> komponen <i>Ref-DNose</i> , dimana komponen tersebut tidak memenuhi standar kualitas yang diterapkan dan harus dibuang.	Untuk mengetahui penyebab <i>reject</i> yang terjadi pada proses Produksi Panel <i>Ref D-Nose</i> dan bagaimana perbaikan komponen <i>Ref D-Nose reject</i> .	Penyebab <i>reject</i> ialah perangkat produksi yang minim pemeliharaan dan pegawai yang lalai. Perbaikan yang dilakukan adalah mengadakan pelatihan dan pembinaan serta melaksanakan perbaikan untuk penurunan <i>Reject</i> produk <i>D-Nose</i> sebaiknya dimulai pada faktor penyebab <i>reject</i> yang dominan.	Penelitian sebelumnya hanya mengidentifikasi penyebab <i>reject</i> berdasarkan faktor manusia dan mesin. pada penelitian kali ini akan menggunakan pendekatan 4m untuk identifikasi faktor <i>defect</i> .

Lanjutan Tabel II. 4 *GAP Table*

No.	Judul	Author/Tahun	Masalah	Tujuan	Hasil	<i>GAP</i>
2	<i>Analysis of The Causes of Failure In The Full Body Painting Process Of Aircraft Flights Using The Failure Mode and Effect Analysis Method</i>	Jofan Delfi Piliang, Nandar Cundara Abdurahman, Trenggono Tri Widodo (2024)	<i>The problem that occurs is the difficulty in achieving the desired quality standards, especially in terms of defects in the full body painting process.</i>	<i>To analyze the causes of failures that occur in the full body painting process and provide suggestions for improvements to the problems that occur.</i>	<i>The results showed that human factors, materials, machines, and methods were the main causes of defects, with "Lack of Technical Understanding" being the biggest factor. Improvements were proposed through intensive training for painters.</i>	<i>Previous research did not use fishbone diagrams. Therefore, this study uses fishbone diagrams to describe root causes in a more structured and comprehensive manner.</i>

II.2 Landasan Teori & Studi Literatur

II.2.1 Manajemen Kualitas

Manajemen kualitas sering disebut sebagai *the problem solving process* karena berfokus pada identifikasi, analisis, dan penyelesaian masalah dalam proses produksi maupun layanan untuk meningkatkan kualitas secara berkelanjutan. Menurut Ridman dan Zachary dalam (Sekarwangi & Pramestari., 2022), manajemen kualitas tidak hanya menitikberatkan pada hasil akhir produk, tetapi juga pada upaya perbaikan terus-menerus melalui pendekatan yang sistematis. Dalam penerapannya, manajemen kualitas menggunakan berbagai metode untuk menemukan akar penyebab *defect* dan menentukan tindakan perbaikan yang tepat agar masalah tidak terulang serta mutu produk dan jasa tetap konsisten sesuai kebutuhan pelanggan.

Seiring perkembangan industri dan meningkatnya persaingan global, manajemen kualitas menjadi faktor penting dalam keberhasilan perusahaan. Perusahaan tidak hanya dituntut menghasilkan produk dalam jumlah besar, tetapi juga produk yang konsisten, sesuai standar, dan memenuhi kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, manajemen kualitas diterapkan secara terintegrasi dalam seluruh aktivitas organisasi, mulai dari perencanaan, produksi, pengendalian, hingga evaluasi dan perbaikan berkelanjutan. Penerapan yang baik dapat meminimalkan

cacat produk, mengurangi pemborosan, meningkatkan efisiensi, serta memperkuat daya saing perusahaan.(Wulogening & Timan, 2020)

Dalam manajemen kualitas modern, kualitas tidak hanya diperoleh melalui inspeksi akhir, tetapi harus dibangun sejak awal proses melalui pendekatan *continuous improvement* atau perbaikan berkelanjutan. Setiap proses perlu terus dievaluasi agar menghasilkan produk yang lebih baik secara konsisten. Konsep ini berkembang menjadi berbagai metode seperti *Total Quality Management* (TQM), *Plan Do Check Action* (PDCA), dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode tersebut membantu perusahaan menyelesaikan masalah kualitas secara lebih sistematis, terukur, dan efektif sehingga meningkatkan performa perusahaan secara keseluruhan.(Isniah et al., 2020)

II.2.2 *Total Quality Management* (TQM)

II.2.2.1 Sejarah *Total Quality Management* (TQM)

Total Quality Management (TQM) mulai berkembang pada masa Perang Dunia II di Amerika Serikat, ketika seorang ahli statistik, W. Edwards Deming, membantu para insinyur dan teknisi dalam menerapkan teori statistik guna meningkatkan kualitas produksi. Namun, setelah perang berakhir, banyak pihak di Amerika, termasuk perusahaan-perusahaan, kurang menghargai pendekatan tersebut. Selanjutnya, Deming pergi ke Jepang dengan tujuan memberikan pelatihan kepada para pemimpin bisnis mengenai *Statistical Quality Control* sebagai upaya membangun kembali perekonomian negara tersebut melalui penerapan prinsip-prinsip yang ia kembangkan.

TQM muncul sebagai respons terhadap kesulitan dalam mengintegrasikan pendekatan kualitas berbasis teknis dengan kondisi tenaga kerja yang berkembang pesat namun sebagian besar belum terlatih atau hanya memiliki keterampilan dasar pada masa dan pasca perang. Sejalan dengan pendekatan kualitas teknis, TQM juga menekankan pentingnya input, tetapi memperluasnya dengan mengedepankan motivasi individu serta kemampuan bekerja sama dalam tim untuk menyelesaikan berbagai permasalahan (Muiz et al., 2024).

Pada awalnya, TQM diperkenalkan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki permasalahan yang muncul selama proses produksi, sehingga dapat mencegah terjadinya kegagalan produk. Dalam hal ini, teori statistik memiliki peranan yang sangat penting. Pada tahun 1920-an, Walter A. Shewhart mengembangkan penerapan metode statistik dalam manajemen mutu, termasuk menciptakan model peta kendali (*control chart*) pertama. Ia menunjukkan bahwa variasi dalam proses produksi dapat memengaruhi kualitas produk akhir. Pendekatan pengendalian proses secara statistik ini berfokus pada produk serta pendeteksian dan pengendalian masalah mutu melalui pengujian sampel, yang kemudian digunakan untuk menarik kesimpulan secara statistik terhadap keseluruhan produk. Selain itu, pendekatan ini juga mencakup tahapan proses produksi serta pentingnya pelatihan bagi tenaga kerja di bidang produksi dan pengendalian mutu.

Istilah *Total Quality* pertama kali diperkenalkan oleh Armand V. Feigenbaum dalam konferensi internasional pertama mengenai *Quality Control* di Jepang, yang memiliki perbedaan dengan konsep Barat. Menurut Kaoru Ishikawa, pengendalian mutu perusahaan secara menyeluruh melibatkan seluruh karyawan, mulai dari manajemen puncak hingga pekerja operasional (Muiz et al., 2024).

Selanjutnya, Joseph M. Juran dan Philip Crosby menyatakan bahwa implementasi TQM memang penting, tetapi belum sepenuhnya mencukupi karena konsep ini terus mengalami perkembangan. Oleh karena itu, pemahaman TQM juga perlu mempertimbangkan kontribusi dari bidang manajemen dan efektivitas organisasi sebagai dimensi tambahan. Kontribusi tersebut mencakup dinamika kelompok, pengembangan organisasi (*Organization Development*), sistem sosioteknikal, dan lain sebagainya sebagai bagian dari fondasi TQM. Perkembangan TQM yang dikenal saat ini juga telah mengalami perbedaan dibandingkan dengan teknik yang dikembangkan di Jepang pada tahun 1950-an maupun di Amerika Serikat pada tahun 1980-an. Penerapan TQM di berbagai sektor pun memerlukan kerangka manajemen kualitas yang sesuai dengan karakteristik masing-masing bidang.

Evolusi konsep ini juga dipengaruhi oleh pemikiran Frederick Winslow Taylor pada tahun 1920-an sebagai pelopor manajemen ilmiah. Meskipun TQM banyak dipengaruhi oleh praktik di Jepang, konsep ini tidak sepenuhnya berasal

dari Jepang karena juga memiliki akar dari Amerika Serikat. Beberapa aspek tersebut antara lain meliputi: manajemen ilmiah yang berfokus pada pencarian metode terbaik dalam bekerja, dinamika kelompok yang menekankan kekuatan pengalaman kolektif, pelatihan dan pengembangan sebagai investasi sumber daya manusia, motivasi berprestasi dan keterlibatan karyawan, sistem sosioteknikal yang memandang organisasi sebagai sistem terbuka, pengembangan organisasi, budaya organisasi yang mencerminkan nilai, keyakinan, dan norma perilaku, teori kepemimpinan modern yang menginspirasi serta memberdayakan individu, konsep *linking-pin* yang membentuk tim lintas fungsi, serta perencanaan strategis.

II.2.2.2 Definisi *Total Quality Management* (TQM)

Total Quality Management (TQM) merupakan suatu pendekatan manajemen yang berlandaskan pada filosofi perubahan perilaku secara menyeluruh di setiap tingkatan organisasi, dengan menempatkan kepuasan pelanggan sebagai fokus utama. Konsep ini menekankan bahwa upaya peningkatan kualitas tidak bersifat sesekali, melainkan dilakukan secara terus-menerus oleh seluruh anggota organisasi. Bahkan, sebagian besar aktivitas perbaikan yang dilakukan, yang dapat diasumsikan mencapai hampir seluruh proses (sekitar 99%), diarahkan untuk memahami kebutuhan pelanggan, memenuhi harapan mereka, serta berupaya memberikan nilai lebih yang melampaui ekspektasi tersebut.

Dalam penerapannya, TQM tidak hanya berorientasi pada hasil akhir berupa produk atau jasa yang berkualitas, tetapi lebih menitikberatkan pada proses pembentukan kualitas itu sendiri. Filosofi ini menegaskan pentingnya peran sumber daya manusia serta hubungan kerja yang harmonis antarindividu dalam organisasi. Oleh karena itu, kualitas tidak hanya dikendalikan melalui inspeksi pada tahap akhir produksi, tetapi dibangun sejak awal melalui proses yang sistematis dengan cara mengidentifikasi serta mengeliminasi berbagai bentuk penyimpangan yang terjadi selama proses berlangsung (Zaki et al., 2024).

Menurut Burrows (1992:23) dalam (Zaki et al., 2024), *Total Quality Management* dipandang sebagai konsep manajemen modern yang berkembang sebagai tren baru dalam ilmu manajemen. TQM didasarkan pada seperangkat prinsip yang dapat diimplementasikan oleh organisasi untuk meningkatkan kinerja

secara menyeluruh serta mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Implementasi TQM mendorong terjadinya perubahan signifikan, baik dalam struktur organisasi maupun dalam proses operasional. Perubahan tersebut meliputi pembelajaran berkelanjutan, evaluasi terhadap kebutuhan dan harapan, penyesuaian strategi, serta pencapaian keselarasan antar komponen organisasi.

Meskipun demikian, proses perubahan yang dihasilkan dari penerapan TQM tidak selalu mudah untuk diwujudkan. Organisasi seringkali menghadapi berbagai kendala dalam mengimplementasikan perbaikan secara menyeluruh, sehingga dibutuhkan komitmen yang kuat dan konsistensi dari seluruh pihak yang terlibat agar tujuan peningkatan kualitas dapat tercapai secara optimal.

Lebih lanjut, TQM merupakan suatu sistem manajemen yang melibatkan seluruh elemen organisasi tanpa terkecuali, baik pimpinan, staf, maupun tenaga operasional di lapangan. Sistem ini harus dipahami dan diterapkan secara terpadu dengan mengedepankan prinsip sinergi, efisiensi, dan efektivitas dalam setiap aktivitas organisasi. Penerapannya dilakukan secara berkesinambungan untuk mencapai target kinerja, produktivitas, serta kepuasan pelanggan yang telah ditetapkan sebagai prioritas utama perusahaan.

Sejalan dengan hal tersebut, Zainal, dkk. (2015) dalam (Zaki et al., 2024) menyatakan bahwa TQM menyediakan panduan praktis dalam pengelolaan aspek manajemen, proses kerja, dan sumber daya manusia guna melakukan perbaikan secara menyeluruh terhadap produk maupun jasa. Perbaikan ini dilakukan pada seluruh tahapan dan tingkatan organisasi, sehingga perusahaan mampu memenuhi kebutuhan pelanggan saat ini sekaligus beradaptasi terhadap perubahan kebutuhan di masa mendatang.

II.2.3 Definisi Kualitas

Sejak tahun 1980-an, kualitas mulai berkembang menjadi salah satu dimensi utama dalam persaingan industri dan terus mempertahankan perannya hingga saat ini. Pada pertengahan 1990-an, kualitas tidak lagi dipandang sebagai nilai tambah, melainkan sebagai persyaratan mendasar yang harus dipenuhi oleh setiap perusahaan untuk dapat bertahan dalam lingkungan persaingan yang semakin ketat. Perusahaan yang tidak mampu memenuhi standar kualitas tersebut cenderung akan

tersingkir dari pasar. Oleh sebab itu, penerapan kualitas produk dan jasa secara konsisten dan berkesinambungan menjadi strategi penting dalam mempertahankan daya saing perusahaan.

Kualitas sendiri merupakan suatu bentuk kemampuan produsen dalam memenuhi kepuasan pelanggan dengan cara menyediakan produk atau jasa yang sesuai dengan kebutuhan, harapan, serta ekspektasi konsumen. Tingkat kualitas tersebut umumnya dapat dievaluasi berdasarkan hasil akhir dari produk yang dihasilkan, yang menunjukkan sejauh mana produk tersebut memenuhi standar yang telah ditetapkan (Tannady, 2015). Selain itu, kualitas tidak hanya diukur dari fungsi dasar suatu produk, tetapi juga dari kemampuannya dalam memberikan nilai tambah berupa peningkatan persepsi positif bagi penggunanya, yang dikenal sebagai ukuran manfaat dan kegunaan.

Secara umum, kualitas dapat diartikan sebagai kemampuan suatu produk dalam memenuhi kebutuhan, harapan, dan preferensi pengguna (Rais et al., 2020). Dalam pengertian yang lebih spesifik, kualitas juga dapat dipahami sebagai tingkat kesesuaian suatu produk terhadap standar atau spesifikasi tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya. Dengan kata lain, suatu produk dianggap berkualitas apabila mampu memenuhi kriteria yang telah ditentukan serta memberikan manfaat sesuai dengan fungsi dan tujuan penggunaannya.

Berdasarkan berbagai definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsep kualitas pada dasarnya berorientasi pada kepuasan pelanggan. Oleh karena itu, seluruh aktivitas yang berkaitan dengan perancangan produk, proses produksi, maupun pelayanan harus diarahkan untuk memenuhi kebutuhan dan harapan konsumen. Sebuah produk dapat dikatakan memiliki kualitas yang baik apabila mampu memberikan manfaat sesuai dengan kebutuhan pengguna, dapat digunakan secara optimal, serta diproduksi melalui proses yang tepat dan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.

II.2.4 Pengendalian Kualitas (*Quality Control*)

II.2.4.1 Definisi Pengendalian Kualitas

Dalam menghadapi persaingan bisnis yang semakin ketat, perusahaan dituntut untuk menjadikan kualitas produk sebagai faktor utama dalam mempertahankan dan memperluas pangsa pasar. Hal ini mendorong perusahaan untuk menghasilkan produk yang tidak hanya memenuhi standar, tetapi juga mampu mengikuti perkembangan kebutuhan dan ekspektasi konsumen secara konsisten. Oleh karena itu, diperlukan penerapan pengendalian kualitas sebagai suatu pendekatan sistematis yang mencakup seluruh tahapan produksi mulai dari bahan baku, proses produksi, sampai dengan barang jadi. Pengendalian kualitas berperan penting dalam memastikan bahwa setiap produk yang dihasilkan telah sesuai dengan standar yang ditetapkan serta mampu memenuhi kebutuhan pelanggan (Mahaputra, 2021).

Pengendalian kualitas merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan secara terencana dan sistematis untuk memastikan bahwa produk maupun jasa yang dihasilkan telah memenuhi standar yang telah ditetapkan sebelumnya. Dengan kata lain, pengendalian kualitas merupakan upaya yang dilakukan untuk menjaga dan mempertahankan mutu produk agar tetap sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh Perusahaan. Kegiatan ini meliputi proses pengawasan, evaluasi, serta tindakan perbaikan pada setiap tahapan produksi guna mengurangi kemungkinan terjadinya penyimpangan yang dapat menimbulkan cacat produk. Dalam industri manufaktur, pengendalian kualitas memiliki peranan yang sangat penting karena berkaitan erat dengan efisiensi proses produksi serta tingkat kepuasan pelanggan (Djunaidi & Ryantaffy, 2018).

Dalam implementasinya, pengendalian kualitas melibatkan berbagai aktivitas seperti pemantauan proses produksi, pengukuran kinerja kualitas, evaluasi terhadap hasil produksi, serta tindakan perbaikan apabila ditemukan adanya penyimpangan. Hal ini menunjukkan bahwa pengendalian kualitas tidak bersifat reaktif semata.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pengendalian kualitas merupakan rangkaian kegiatan yang dilaksanakan secara terstruktur dan berkesinambungan pada setiap tahap produksi, mulai dari pengolahan bahan baku hingga menghasilkan produk akhir, dengan tujuan memastikan produk sesuai

dengan standar yang telah ditentukan. Kegiatan ini mencakup proses pemantauan, penilaian, serta tindakan perbaikan yang dilakukan secara terus-menerus untuk mengurangi kemungkinan terjadinya penyimpangan maupun cacat. Oleh karena itu, pengendalian kualitas memiliki peran yang sangat penting dalam menjaga kestabilan mutu produk dan meningkatkan efektivitas proses produksi.

II.2.4.2 Tujuan Pengendalian Kualitas

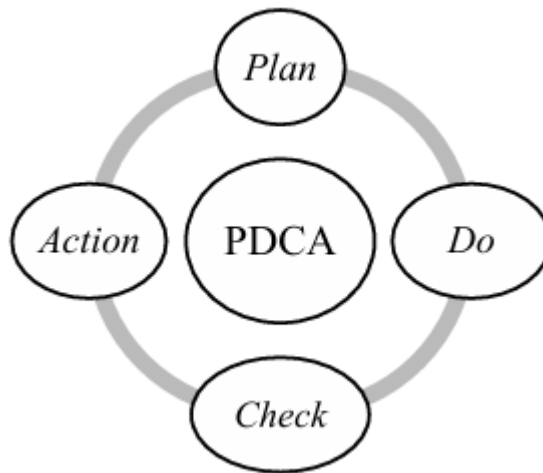
Setiap perusahaan perlu menetapkan standar kualitas yang tidak hanya mengacu pada spesifikasi *internal*, tetapi juga selaras dengan kebutuhan dan harapan pelanggan. Hal ini penting karena kualitas produk merupakan faktor utama dalam mempertahankan keberlangsungan usaha serta memperkuat posisi perusahaan di tengah persaingan pasar yang semakin ketat. Oleh sebab itu, pengendalian kualitas diterapkan sebagai upaya strategis untuk menjaga konsistensi mutu produk agar tetap sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

Secara umum, pengendalian kualitas bertujuan untuk memastikan bahwa produk atau jasa yang dihasilkan dapat memenuhi ekspektasi pelanggan sehingga mampu meningkatkan tingkat kepuasan dan kepercayaan mereka. Produk yang berkualitas akan mendorong loyalitas konsumen serta memperkuat citra perusahaan di pasar. Selain itu, pengendalian kualitas juga berperan dalam meningkatkan efisiensi operasional melalui pengurangan produk cacat, pencegahan pemborosan, serta perbaikan proses produksi secara berkelanjutan. Menurut Assauri (2008) dalam (Achmad et al., 2021) tujuan dari pengendalian kualitas adalah sebagai berikut:

1. Memastikan bahwa produk yang dihasilkan mampu memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan sebelumnya.
2. Mengupayakan agar biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan pemeriksaan atau inspeksi dapat ditekan seminimal mungkin.
3. Berusaha mengefisienkan biaya perancangan produk maupun proses produksi tanpa mengurangi tingkat kualitas yang ditetapkan.
4. Mengoptimalkan proses produksi agar biaya yang dikeluarkan dapat serendah mungkin dengan tetap menjaga mutu produk.

II.2.4.3 Langkah-langkah Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas merupakan suatu aktivitas yang perlu dilakukan secara berkesinambungan guna memastikan konsistensi mutu produk yang dihasilkan. Salah satu pendekatan yang umum digunakan dalam upaya tersebut adalah penerapan siklus PDCA (*Plan–Do–Check–Action*), yang diperkenalkan oleh W. Edwards Deming. Metode ini, yang juga dikenal sebagai Siklus Deming atau *Deming Cycle*, memberikan kerangka kerja sistematis bagi organisasi dalam merencanakan, melaksanakan, mengevaluasi, serta melakukan tindakan perbaikan terhadap suatu proses. Dengan menerapkan siklus tersebut secara berkelanjutan, perusahaan dapat melakukan evaluasi sekaligus menerapkan berbagai perbaikan yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja produk, proses, maupun sistem.



(Sumber : Richard B. Chase, Nicholas J. Aquilano and F. Robert Jacobs, 2001)

Gambar II. 1 Siklus PDCA

Adapun pengertian mengenai siklus *Plan–Do–Check–Action* (PDCA) menurut Nasution (2005) dalam (Wahyu, 2019), yaitu sebagai berikut:

1. *Plan* (Perencanaan)

Tahap perencanaan merupakan langkah awal yang sangat penting dalam siklus PDCA. Pada tahap ini, perusahaan menetapkan standar kualitas serta menyusun spesifikasi produk secara rinci sebagai pedoman dalam proses produksi. Selain itu, dirumuskan pula strategi pengendalian kualitas yang akan diterapkan secara berkelanjutan. Perencanaan ini bertujuan untuk membangun kesadaran akan pentingnya mutu di setiap lini organisasi serta memastikan bahwa seluruh aktivitas berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

2. *Do* (Pelaksanaan)

Tahap ini merupakan implementasi dari rencana yang telah disusun. Pelaksanaan biasanya dilakukan secara bertahap, dimulai dari skala kecil untuk memudahkan pengendalian dan evaluasi awal. Dalam proses ini, pembagian tugas disesuaikan dengan kemampuan masing-masing tenaga kerja agar pelaksanaan berjalan efektif. Selama tahap ini berlangsung, pengawasan tetap dilakukan untuk memastikan bahwa setiap kegiatan telah sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan.

3. *Check* (Pemeriksaan)

Pada tahap pemeriksaan, dilakukan evaluasi terhadap hasil pelaksanaan untuk mengetahui sejauh mana kesesuaian antara rencana dan realisasi di lapangan. Proses ini mencakup pengamatan, pengukuran, serta analisis terhadap kinerja yang telah dicapai. Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa proses berjalan sesuai jalur yang diharapkan serta untuk menilai efektivitas upaya perbaikan yang telah dilakukan.

4. *Action* (Tindakan Perbaikan)

Tahap tindakan merupakan langkah lanjutan berdasarkan hasil evaluasi pada tahap sebelumnya. Jika ditemukan ketidaksesuaian atau masalah, maka dilakukan perbaikan dan penyesuaian terhadap proses, prosedur, maupun standar yang berlaku. Selain itu, hasil perbaikan yang telah terbukti efektif akan distandarisasi agar dapat diterapkan secara konsisten dan mencegah terulangnya permasalahan yang sama di masa mendatang.

II.2.4.4 Tahapan Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Secara umum, tahapan pengendalian kualitas meliputi proses perencanaan, pelaksanaan, pemeriksaan, serta tindakan perbaikan yang dilakukan secara berkelanjutan. Adapun tahapan pengendalian kualitas adalah sebagai berikut:

1. Penetapan Standar Kualitas

Tahap awal dimulai dengan menentukan standar kualitas yang harus dicapai, baik berdasarkan kebutuhan konsumen maupun spesifikasi teknis perusahaan. Standar ini menjadi acuan utama dalam proses produksi.

2. Pelaksanaan Produksi

Pada tahap ini, proses produksi dijalankan sesuai dengan standar dan prosedur yang telah ditetapkan. Seluruh aktivitas produksi harus mengikuti pedoman yang telah dirancang agar menghasilkan produk yang konsisten.

3. Pemeriksaan dan Pengujian (*Inspection*)

Tahap ini bertujuan untuk memeriksa apakah produk yang dihasilkan telah sesuai dengan standar kualitas. Pemeriksaan dapat dilakukan selama proses berlangsung (*in-process*) maupun setelah produk selesai (*final inspection*).

4. Evaluasi dan Analisis

Hasil pemeriksaan kemudian dianalisis untuk mengetahui adanya penyimpangan atau cacat produk. Pada tahap ini dilakukan identifikasi penyebab masalah yang memengaruhi kualitas.

5. Tindakan Perbaikan (*Corrective Action*)

Jika ditemukan ketidaksesuaian, maka dilakukan tindakan perbaikan untuk mengatasi penyebab masalah. Perbaikan ini dapat berupa perubahan proses, metode kerja, atau standar produksi.

6. Peningkatan Berkelanjutan (*Continuous Improvement*)

Tahap terakhir adalah melakukan peningkatan kualitas secara terus-menerus agar kinerja produksi semakin baik dan mampu memenuhi tuntutan pasar yang dinamis.

II.2.4.5 Alat Bantu Pengendalian Kualitas

Tokoh penting dalam bidang pengendalian kualitas, Kaoru Ishikawa, memperkenalkan konsep tujuh alat pengendalian kualitas (*seven tools*) pada sekitar tahun 1960-an sebagai sarana untuk membantu proses pengendalian mutu. Tujuh alat tersebut meliputi lembar periksa (*check sheet*), diagram pencar (*scatter diagram*), diagram Pareto, histogram, diagram sebab-akibat (*fishbone diagram*), peta kendali (*control chart*), serta diagram alir (*flowchart*).

1. Check Sheet

Check sheet merupakan alat sederhana yang digunakan untuk mengumpulkan dan mencatat data secara sistematis terkait frekuensi kejadian suatu masalah atau cacat. Biasanya berbentuk tabel yang memudahkan proses pencatatan di lapangan.

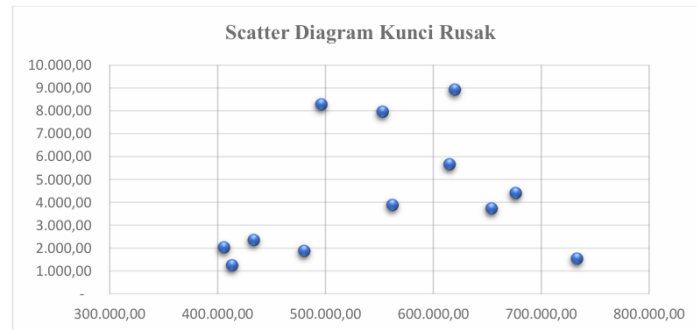
2024	Hasil Produksi	Target	Cacat Proses Produksi	JUMLAH CACAT PER PROSES							
				Warna Kusam	Rantai Putus	Kunci Rusak	Cap Terbalik	Rantai Kaku	Rantai Kusam	Rantai Terbakar	Ring Terbakar
Jan	732,768.74	1.70%	1.45%	0.28%	0.02%	0.21%	0.16%	0.08%	0.15%	0.25%	0.30%
Feb	653,793.08	1.70%	1.40%	0.26%	0.01%	0.57%	0.28%	0.07%	0.13%	0.06%	0.02%
Mar	676,204.95	1.70%	1.20%	0.14%	0.01%	0.65%	0.12%	0.03%	0.07%	0.08%	0.10%
Apr	413,000.05	1.70%	0.56%	0.06%	0.01%	0.30%	0.05%	0.01%	0.08%	0.02%	0.03%
Mei	405,678.00	1.70%	2.05%	0.10%	0.03%	0.50%	0.30%	0.08%	0.40%	0.30%	0.34%
Jun	433,290.24	1.70%	1.90%	0.41%	0.03%	0.54%	0.30%	0.05%	0.30%	0.20%	0.07%
Jul	614,806.69	1.70%	2.89%	0.51%	0.02%	0.92%	0.45%	0.04%	0.38%	0.43%	0.14%
Ags	479,877.79	1.70%	2.08%	0.75%	0.04%	0.39%	0.18%	0.01%	0.50%	0.16%	0.05%
Sep	561,896.95	1.70%	1.98%	0.61%	0.01%	0.69%	0.13%	0.03%	0.08%	0.28%	0.15%
Okt	552,800.90	1.70%	2.69%	0.65%	0.02%	1.44%	0.08%	0.07%	0.15%	0.15%	0.13%
Nop	619,597.89	1.70%	2.24%	0.20%	0.05%	1.44%	0.20%	0.04%	0.20%	0.08%	0.03%
Des	496,033.36	1.70%	2.90%	0.50%	0.04%	1.67%	0.04%	0.02%	0.24%	0.12%	0.27%
Rata2	553,312.39	1.70%	2%	0.37%	0.02%	0.78%	0.19%	0.04%	0.22%	0.18%	0.14%

(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 2 Contoh *Check Sheet*

2. Scatter Diagram

Scatter diagram digunakan untuk menunjukkan hubungan atau korelasi antara dua variabel. Grafik ini membantu mengetahui apakah terdapat hubungan sebab-akibat antara faktor tertentu.

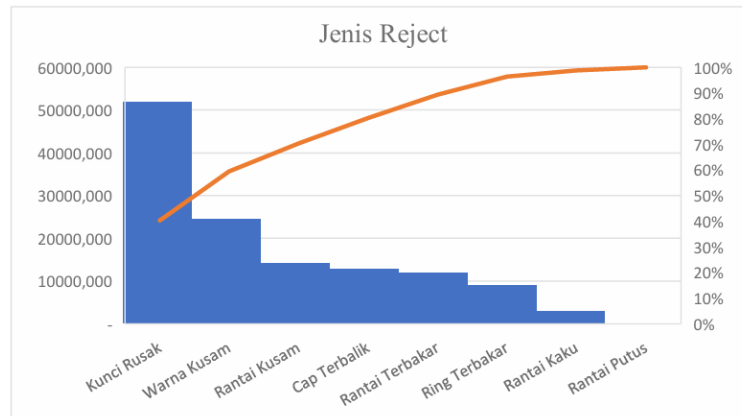


(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 3 Contoh *Scatter Diagram*

3. Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang paling dominan berdasarkan prinsip 80/20, yaitu sebagian besar masalah biasanya disebabkan oleh beberapa faktor utama.

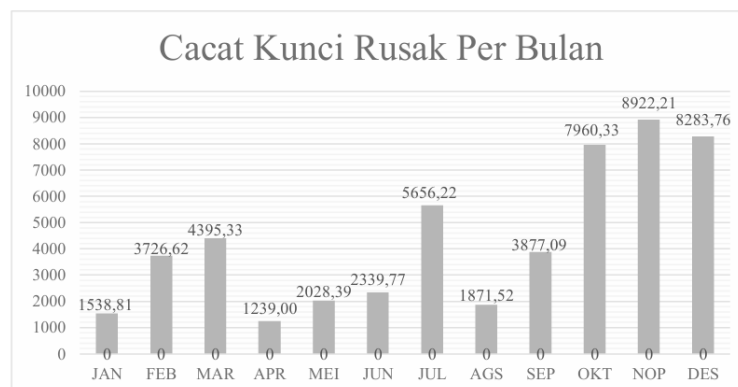


(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 4 Contoh Diagram Pareto

4. Histogram

Histogram adalah diagram batang yang menunjukkan distribusi frekuensi data. Alat ini digunakan untuk melihat pola penyebaran data dan variasi dalam proses produksi.

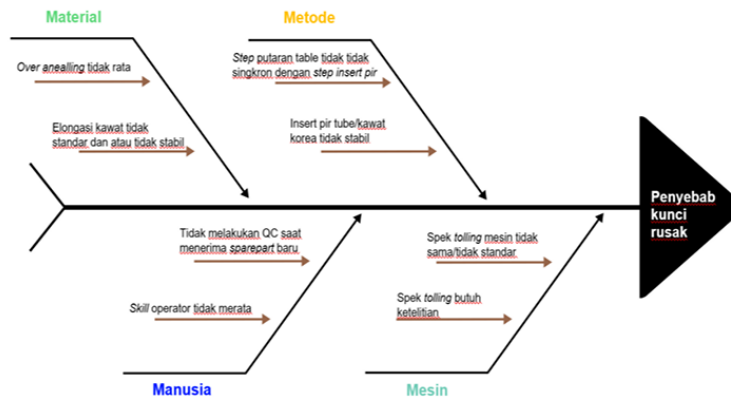


(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 5 Contoh Histogram

5. Fishbone Diagram

Fishbone diagram atau diagram tulang ikan digunakan untuk mengidentifikasi berbagai penyebab dari suatu masalah. Penyebab biasanya dikelompokkan dalam kategori seperti manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan.

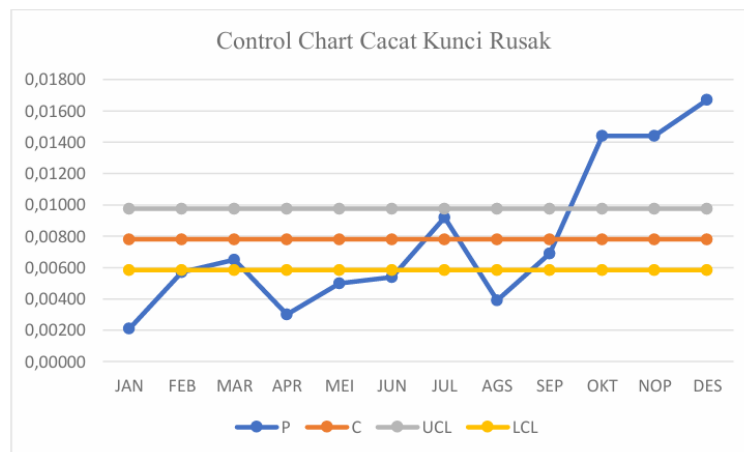


(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 6 Contoh *Fishbone Diagram*

6. Control Chart

Control chart digunakan untuk memantau kestabilan suatu proses dari waktu ke waktu. Alat ini membantu mendeteksi apakah suatu proses berada dalam batas kendali atau mengalami penyimpangan.

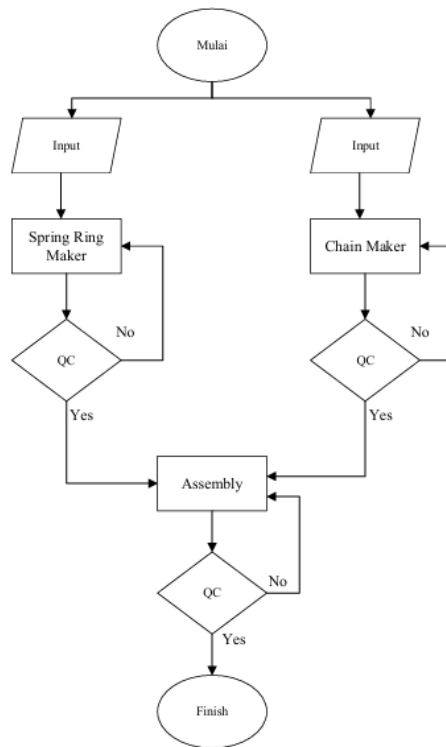


(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 7 Contoh *Control Chart*

7. Flowchart

Flowchart merupakan diagram yang menggambarkan alur suatu proses secara visual. Alat ini digunakan untuk memahami langkah-langkah proses dan mengidentifikasi potensi masalah.



(Sumber : Basuki et al., 2025)

Gambar II. 8 Contoh *Flowchart*

Sebagai metode pendukung dalam kegiatan pengendalian dan peningkatan kualitas, metode 5W+1H (*What, Why, Where, When, Who, dan How*) dapat digunakan untuk membantu menyusun tindakan perbaikan secara lebih sistematis dan terarah. Metode ini bertujuan untuk mengidentifikasi berbagai aspek yang berkaitan dengan suatu permasalahan, sehingga setiap usulan perbaikan dapat dirumuskan secara jelas dan sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan. Dengan metode 5W+1H diharapkan mampu memberikan gambaran yang komprehensif mengenai langkah-langkah perbaikan yang akan dilakukan serta mempermudah proses implementasi dan evaluasi terhadap tindakan yang diusulkan. Berikut merupakan penjelasan mengenai metode 5W+1H yang digunakan pada penelitian ini :

- *What* (Apa)

What menjelaskan tindakan atau bentuk perbaikan yang akan dilakukan untuk mengatasi penyebab terjadinya *defect*. Penentuan tindakan perbaikan dilakukan berdasarkan hasil identifikasi akar penyebab sehingga solusi yang diusulkan

sesuai dengan permasalahan yang terjadi. Pertanyaan yang dijawab pada bagian ini adalah "Apa tindakan perbaikan yang akan dilakukan?"

- *Why* (Mengapa)

Why menjelaskan alasan yang mendasari perlunya tindakan perbaikan dilaksanakan. Penjelasan tersebut bertujuan untuk menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diberikan memiliki dasar yang jelas dan mampu mengatasi penyebab utama terjadinya *defect*. Pertanyaan yang dijawab adalah "Mengapa tindakan perbaikan perlu dilakukan?"

- *Where* (Di Mana)

Where menjelaskan lokasi atau bagian proses yang menjadi tempat pelaksanaan tindakan perbaikan. Penentuan lokasi dilakukan agar implementasi usulan perbaikan dapat difokuskan pada area yang menjadi sumber munculnya permasalahan. Pertanyaan yang dijawab adalah "Di mana tindakan perbaikan akan diterapkan?"

- *Who* (Siapa)

Who menjelaskan pihak yang bertanggung jawab terhadap pelaksanaan tindakan perbaikan. Penetapan penanggung jawab bertujuan untuk memastikan bahwa setiap kegiatan perbaikan dapat dilaksanakan sesuai dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing. Pertanyaan yang dijawab adalah "Siapa yang bertanggung jawab dalam pelaksanaan tindakan perbaikan?"

- *When* (Kapan)

When menjelaskan waktu pelaksanaan tindakan perbaikan, baik waktu dimulainya maupun periode pelaksanaannya. Penentuan jadwal bertujuan agar setiap kegiatan perbaikan dapat dilaksanakan secara terencana dan sesuai dengan target yang telah ditetapkan. Pertanyaan yang dijawab adalah "Kapan tindakan perbaikan akan dilaksanakan?"

- *How* (Bagaimana)

How menjelaskan cara atau langkah-langkah yang dilakukan dalam mengimplementasikan usulan perbaikan. Bagian ini menguraikan metode pelaksanaan secara sistematis sehingga tindakan yang direncanakan dapat diterapkan secara efektif dan mampu mengurangi potensi terjadinya *defect*.

Pertanyaan yang dijawab adalah "Bagaimana tindakan perbaikan akan dilaksanakan?"

Tabel II. 5 Metode 5W+1H

Mesin	Rank	Faktor	Failure Mode	What Tujuan Utama	Why Alasan Kegunaan	Where Lokasi	Who Pelaksana	When Target Penyelesaian	How Tindakan Perbaikan
Rolling 3	1	Mesin	Pisau pendorong rusak	Agar proses produksi berjalan dengan normal	Untuk mencegah terjadinya <i>reject</i> pada ulir baut	Bagian produksi di PT XYZ	Teknisi divisi <i>maintenance</i> di PT XYZ	Agustus 2022	Merawat komponen secara rutin dilakukan agar terhindar dari kerusakan komponen Membuat jadwal pengecekan komponen yang rutin dilakukan agar terhindar dari ausnya komponen Dilakukannya perbandingan kualitas dalam membeli bahan baku
	2	Mesin	<i>Rolling dies</i> mudah haus	Agar proses produksi berjalan dengan normal	Untuk mencegah terjadinya komponen mesin yang aus	Bagian produksi di PT XYZ	Teknisi divisi <i>maintenance</i> di PT XYZ	September 2022	
	3	Material	Bahan baku tidak sesuai dengan standar	Agar proses produksi berjalan normal	Untuk mencegah <i>output</i> produksi yang <i>reject</i>	Bagian Produksi di PT XYZ	Teknisi divisi <i>maintenance</i> di PT XYZ	Agustus 2022	

(Sumber : (Bobby et al., 2022))

II.2.5 Perbaikan Kualitas Proses

Perbaikan kualitas proses merupakan upaya sistematis untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, dan kualitas hasil produksi agar sesuai standar perusahaan. Perbaikan ini dilakukan dengan mengidentifikasi penyebab masalah, mengurangi defect, serta menerapkan tindakan perbaikan berkelanjutan agar proses produksi lebih optimal. Dengan demikian, perusahaan dapat meningkatkan produktivitas, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Dalam pelaksanaannya, perbaikan kualitas proses tidak hanya berfokus pada hasil akhir produk, tetapi juga pada seluruh tahapan proses produksi yang berkontribusi terhadap kualitas. Setiap aktivitas dalam proses produksi perlu dievaluasi untuk mengetahui adanya penyimpangan, ketidaksesuaian, maupun potensi kegagalan yang dapat menimbulkan *defect*. Evaluasi tersebut dilakukan melalui pengumpulan data, pengamatan langsung, serta analisis terhadap faktor-faktor yang memengaruhi kualitas seperti manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan kerja.

Salah satu upaya perbaikan kualitas yang dapat dilakukan perusahaan adalah dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini membantu perusahaan dalam melihat potensi kegagalan yang dapat terjadi selama proses produksi dan mengetahui tingkat risikonya. Dengan FMEA, perusahaan dapat menentukan masalah yang paling perlu diprioritaskan, mencari penyebab utama terjadinya *defect*, serta menyusun tindakan perbaikan dan pencegahan agar masalah yang sama tidak terulang kembali.

II.2.5.1 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

II.2.5.1.1 Pengertian *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Menurut Bongiorno, (2001) dalam (Christian et al., 2023) *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam upaya peningkatan sekaligus pengendalian kualitas dengan tujuan mencegah terjadinya kegagalan pada produk maupun proses. Metode ini berupa serangkaian prosedur sistematis yang dilengkapi dengan pedoman serta lembar kerja untuk membantu mengidentifikasi berbagai potensi kegagalan sejak dini, kemudian menentukan prioritas penanganannya. Dengan penerapan FMEA, perusahaan dapat mengenali risiko-risiko yang mungkin muncul dalam suatu sistem atau proses, sehingga tindakan pencegahan dapat dilakukan sebelum kegagalan tersebut benar-benar terjadi.

Konsep dasar *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) berlandaskan pada pendekatan preventif, yaitu melakukan pencegahan sebelum suatu kegagalan benar-benar terjadi. Metode ini menitikberatkan pada upaya mengidentifikasi serta mengurangi potensi kegagalan sejak tahap awal, sehingga dampak negatif yang mungkin timbul dapat diminimalkan. Karena orientasinya yang bersifat antisipatif, FMEA banyak diterapkan dalam sistem manajemen mutu di berbagai sektor industri, tidak hanya terbatas pada bidang manufaktur.

Dalam praktiknya, standar sistem manajemen mutu industri otomotif seperti ISO/TS 16949 secara tegas mewajibkan penggunaan FMEA, baik pada tahap perancangan produk (*design FMEA*) maupun pada tahap perancangan proses produksi (*process FMEA*). Hal ini menunjukkan bahwa FMEA memiliki peran penting dalam menjamin kualitas serta keandalan produk. Sementara itu, pada

standar ISO 9001 yang bersifat lebih umum, penerapan FMEA memang tidak diwajibkan secara langsung, namun sangat direkomendasikan. Hal ini disebabkan karena FMEA mampu mendukung pelaksanaan tindakan pencegahan (*preventive action*) secara sistematis, sehingga organisasi dapat mengidentifikasi potensi masalah lebih awal, mengambil langkah antisipatif yang tepat, serta meningkatkan efektivitas keseluruhan sistem manajemen mutu.

II.2.5.1.2 Jenis-Jenis FMEA

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) adalah suatu pendekatan terstruktur yang digunakan untuk mengenali, menilai, serta menganalisis potensi terjadinya kegagalan dalam suatu sistem, baik yang berasal dari komponen maupun proses. Menurut Stamatis (1995) dalam (Wahyu, 2019) FMEA terdiri dari 4 jenis berdasarkan pada penggunaannya, diantaranya sebagai berikut:

1. *Process Failure Mode and Effects Analysis* (P-FMEA)

P-FMEA diterapkan pada tahapan proses produksi, khususnya dalam kegiatan manufaktur, dengan tujuan mengidentifikasi berbagai potensi kegagalan yang mungkin muncul selama proses berlangsung. Analisis ini mencakup faktor-faktor seperti keterbatasan peralatan, kebutuhan peningkatan keterampilan operator, serta berbagai sumber penyebab yang dapat memicu terjadinya kegagalan dalam proses produksi.

2. *System Failure Mode and Effects Analysis* (S-FMEA)

S-FMEA merupakan jenis analisis yang digunakan untuk mengevaluasi potensi kegagalan pada suatu sistem secara menyeluruh. Pendekatan ini mencakup berbagai tingkatan, mulai dari komponen paling dasar hingga keseluruhan sistem, sehingga interaksi antar elemen dalam sistem dapat dianalisis secara komprehensif.

3. *Design Failure Mode and Effects Analysis* (D-FMEA)

D-FMEA dilakukan pada tahap perancangan produk atau sistem. Tujuan utamanya adalah untuk menilai apakah desain yang dibuat telah sesuai dengan fungsi dan kebutuhan pengguna, serta untuk mengidentifikasi kemungkinan kegagalan yang dapat timbul akibat kelemahan desain sebelum produk direalisasikan.

4. *Functional Failure Mode and Effects Analysis* (F-FMEA)

F-FMEA yang juga sering disebut sebagai *black box* FMEA, berfokus pada analisis fungsi dari suatu komponen atau subsistem tanpa melihat detail internalnya. Pendekatan ini menitikberatkan pada bagaimana suatu bagian bekerja dalam sistem dan bagaimana kegagalan fungsi tersebut dapat memengaruhi kinerja keseluruhan sistem.

II.2.5.1.3 Langkah-Langkah FMEA

FMEA umumnya disusun dalam format tabel yang berfungsi sebagai alat untuk mengkaji potensi kegagalan pada suatu proses maupun desain secara sistematis. Melalui pendekatan ini, dilakukan identifikasi terhadap kemungkinan bentuk kegagalan, dampak yang ditimbulkan, serta penentuan tingkat prioritas penanganan menggunakan nilai Risk Priority Number (RPN). Selain itu, metode ini juga membantu dalam mengenali berbagai mode kegagalan yang berpotensi terjadi. Secara keseluruhan, penerapan FMEA bertujuan untuk menekan tingkat risiko serta mencegah terjadinya kegagalan di masa yang akan datang.

Menurut Blanchard (1999) dalam (Wahyu, 2019), tahapan-tahapan yang dilakukan dalam menyusun FMEA untuk memberikan perbaikan pada suatu kegagalan sistem antara lain:

1. Mengidentifikasi kegagalan, yaitu mengenali kondisi ketika suatu komponen atau elemen tidak mampu menjalankan fungsinya sebagaimana mestinya.
2. Menentukan penyebab kegagalan dengan menelusuri faktor pemicunya.
3. Mengetahui dampak kegagalan terhadap sistem.
4. Menetapkan cara pengendalian untuk mencegah kegagalan.
5. Menentukan tingkat risiko kegagalan dengan menilai keparahan dampak (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), serta kemampuan deteksi (*detection*).
6. Menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk menetapkan urutan prioritas perbaikan.
7. Melakukan tindakan perbaikan guna mengurangi risiko kegagalan hingga tingkat minimum.

Dalam FMEA, perhitungan RPN didasarkan pada tiga faktor utama yaitu *severity*, *occurrence*, dan *detection*, yang masing-masing diberi nilai untuk menentukan tingkat risiko kegagalan. Pemberian besarnya *nilai severity*, *occurrence*, dan *detection* adalah sebagai berikut:

A. *Severity*

Penentuan nilai *severity* dilakukan dengan mengacu pada tabel penilaian yang memiliki skala dari 1 hingga 10, di mana semakin tinggi nilai yang diberikan maka semakin besar tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan. Penilaian ini menjadi langkah awal dalam analisis risiko dengan memberikan rating terhadap efek kegagalan yang memengaruhi hasil akhir proses produksi, di mana nilai tertinggi menunjukkan dampak paling serius.

Tabel II. 6 Pedoman Nilai *Rating Severity*

Rating	Efek Kegagalan
1	Dampak dapat diabaikan
2	Tidak menimbulkan dampak yang berarti
3	Menimbulkan dampak yang kecil
4	Memerlukan sedikit perbaikan
5	Kegagalan yang menimbulkan sedikit kesulitan
6	Kegagalan yang menyebabkan kualitas produk sedikit terpengaruh
7	Kegagalan berdampak signifikan
8	Kegagalan yang terjadi memiliki dampak yang tinggi
9	Kegagalan yang terjadi mempengaruhi kelayakan dan kegunaan produk atau sistem
10	Kegagalan yang terjadi menyebabkan kerusakan total

(Sumber : Jofan et al., 2024)

B. *Occurrence*

Penentuan nilai *occurrence* dilakukan dengan mengacu pada tabel penilaian yang menggunakan skala 1 hingga 10, di mana nilai yang lebih tinggi menunjukkan kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan yang semakin sering. Tahap ini dilakukan setelah penilaian *severity*, dengan tujuan untuk mengukur probabilitas munculnya cacat dalam proses produksi. Secara umum, *occurrence* menggambarkan frekuensi terjadinya kegagalan, mulai dari kondisi yang sangat jarang terjadi hingga yang sering muncul.

Tabel II. 7 Pedoman Nilai *Rating Occurren*

Rating	Probabilitas Kegagalan	Tingkat Probabilitas
1	Hampir tidak mungkin	≤ 1 dalam 1.500.000
2	Sangat rendah	1 dalam 150.000
3	Rendah	1 dalam 15.000
4	Relatif rendah	1 dalam 2000
5	Sedang	1 dalam 400
6	Cukup tinggi	1 dalam 80
7	Tinggi	1 dalam 20
8	Kegagalan berulang	1 dalam 8
9	Sangat tinggi	1 dalam 3
10	Sangat tinggi (Hampir tidak terelakkan)	≥ 1 dalam 2

(Sumber : Jofan et al., 2024)

C. Detection

Penentuan nilai *detection* dilakukan setelah tahap penilaian *occurrence*, dengan mengacu pada skala 1 hingga 10 untuk menilai kemampuan sistem dalam mendeteksi potensi kegagalan. Semakin tinggi nilai yang diberikan, maka semakin kecil kemungkinan kegagalan tersebut dapat teridentifikasi sejak dini. Parameter ini digunakan untuk mengevaluasi efektivitas sistem pengendalian dalam mencegah terjadinya cacat selama proses produksi, di mana nilai rendah menunjukkan kegagalan mudah terdeteksi, sedangkan nilai tinggi menandakan kegagalan sulit diketahui sebelum mencapai tahap berikutnya.

Tabel II. 8 Pedoman Nilai *Rating Detection*

Rating	Kemampuan Deteksi
1	Hampir pasti dapat mendeteksi kegagalan (<i>almost certain</i>)
2	Sangat tinggi untuk mendeteksi kegagalan (<i>very high</i>)
3	Tinggi untuk mendeteksi kegagalan (<i>high</i>)
4	Cukup tinggi untuk mendeteksi kegagalan (<i>moderately high</i>)
5	Cukup untuk mendeteksi kegagalan (<i>moderate</i>)
6	Rendah untuk mendeteksi kegagalan (<i>low</i>)
7	Sangat rendah untuk mendeteksi kegagalan (<i>very low</i>)
8	Sedikit kendali untuk mendeteksi kegagalan (<i>remote</i>)
9	Sangat sedikit kendali untuk mendeteksi kegagalan (<i>very remote</i>)
10	Tidak ada kendali untuk mendeteksi kegagalan (<i>absolutely imposible</i>)

(Sumber : Jofan et al., 2024)

Setelah nilai setiap potensi kegagalan ditentukan, langkah berikutnya adalah menghitung *Risk Priority Number* (RPN) dengan mengalikan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* ($RPN = S \times O \times D$). Nilai RPN ini digunakan sebagai dasar untuk menilai tingkat risiko sekaligus menentukan prioritas penanganan. Semakin tinggi nilai RPN, maka semakin besar tingkat risiko yang ditimbulkan,

karena mencerminkan dampak yang serius, frekuensi kejadian yang tinggi, serta rendahnya kemampuan deteksi.

Selanjutnya, nilai RPN diurutkan dari yang tertinggi hingga terendah untuk mengidentifikasi proses yang paling kritis. Proses dengan nilai RPN terbesar menjadi prioritas utama untuk dilakukan perbaikan, karena berpotensi memberikan kontribusi terbesar terhadap terjadinya cacat produk. Dengan melakukan perbaikan pada proses tersebut, diharapkan tingkat kecacatan dapat ditekan sehingga kualitas produk menjadi lebih baik.

II.2.6 *Fuselage*

II.2.6.1 Pengertian *Fuselage*

Fuselage merupakan salah satu komponen utama dalam pesawat terbang yang memiliki bentuk memanjang dan berfungsi sebagai badan pusat dari keseluruhan struktur pesawat. Secara umum, *Fuselage* digunakan sebagai ruang utama yang dimanfaatkan untuk menempatkan awak pesawat, penumpang, serta berbagai jenis muatan atau kargo. Namun demikian, dalam pengertian yang lebih luas, *Fuselage* tidak hanya sekadar berfungsi sebagai ruang akomodasi, melainkan juga sebagai bagian struktural yang memiliki peranan sangat penting dalam mengintegrasikan berbagai komponen utama pesawat menjadi satu kesatuan sistem yang utuh dan saling terhubung.

Lebih lanjut, *Fuselage* berperan sebagai penghubung antara bagian-bagian utama pesawat, seperti sayap, ekor vertikal, ekor horizontal, serta sistem propulsi atau mesin. Dengan adanya *Fuselage*, seluruh komponen tersebut dapat tersusun secara terintegrasi sehingga mampu bekerja secara simultan dalam mendukung proses penerbangan. Hal ini menunjukkan bahwa *Fuselage* memiliki fungsi yang tidak hanya bersifat fisik sebagai ruang, tetapi juga bersifat struktural sebagai elemen pengikat antar komponen pesawat (Pratama, 2021).

Selain itu, pada pesawat tanpa awak atau wahana udara tanpa awak (UAV), *Fuselage* juga memiliki fungsi yang sangat penting sebagai tempat penempatan berbagai perangkat elektronik dan sistem kendali. Komponen seperti kamera, baterai, GPS, serta sistem kontrol penerbangan ditempatkan di dalam *Fuselage*,

sehingga bagian ini menjadi pusat dari sistem operasional pesawat tersebut (Albukhari et al., 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang dirgantara, fungsi *Fuselage* mengalami perkembangan yang cukup signifikan. *Fuselage* tidak lagi hanya dipandang sebagai ruang kabin, tetapi juga sebagai elemen struktural yang harus mampu menahan serta mendistribusikan berbagai beban yang terjadi selama pesawat beroperasi. Beban tersebut dapat berupa tekanan akibat perbedaan tekanan udara antara bagian dalam dan luar pesawat, gaya aerodinamis yang bekerja selama penerbangan, serta beban dinamis yang timbul akibat manuver dan getaran dari mesin. Oleh karena itu, *Fuselage* harus dirancang dengan mempertimbangkan kekuatan, kekakuan, serta ketahanan terhadap berbagai kondisi pembebanan yang kompleks.

Di samping itu, *Fuselage* juga dapat dikatakan sebagai pusat integrasi sistem pesawat, di mana berbagai sistem penting seperti sistem bahan bakar, sistem kelistrikan, serta sistem kontrol penerbangan ditempatkan di dalamnya. Keberadaan sistem-sistem tersebut di dalam *Fuselage* semakin menegaskan bahwa bagian ini memiliki peranan yang sangat vital dalam menunjang keselamatan, kenyamanan, serta kinerja pesawat secara keseluruhan (Pratama, 2021).

II.2.6.2 Fungsi dan Struktur *Fuselage*

II.2.6.2.1 Fungsi *Fuselage*

Fuselage memiliki berbagai fungsi yang saling berkaitan dan berkontribusi secara langsung terhadap operasional pesawat terbang. Fungsi tersebut tidak hanya terbatas pada penyediaan ruang bagi penumpang, tetapi juga mencakup aspek struktural, aerodinamis, integrasi sistem, serta perlindungan terhadap komponen internal.

1. Fungsi Akomodasi

Fungsi utama *Fuselage* adalah sebagai ruang akomodasi yang digunakan untuk menampung penumpang, awak pesawat, serta muatan atau kargo. Pada pesawat berawak, *Fuselage* mencakup kabin dan kokpit yang dirancang untuk memberikan kenyamanan serta keamanan selama penerbangan berlangsung. Sementara itu, pada pesawat tanpa awak (UAV), *Fuselage* lebih difungsikan

sebagai ruang untuk menempatkan berbagai perangkat elektronik dan sistem kendali, seperti kamera, baterai, GPS, dan sistem autopilot yang mendukung misi operasional pesawat (Albukhari et al., 2021).

2. Fungsi Struktural

Selain sebagai ruang akomodasi, *Fuselage* juga memiliki fungsi sebagai struktur utama pesawat yang berperan dalam menopang serta menghubungkan berbagai komponen penting, seperti sayap, ekor, dan mesin. Dalam hal ini, *Fuselage* harus mampu menahan serta mendistribusikan berbagai jenis beban yang bekerja selama pesawat beroperasi. Beban tersebut meliputi beban tarik dan tekan, beban lentur (*bending*), beban geser (*shear*), serta beban akibat tekanan kabin. Selain itu, beban dari komponen internal seperti baterai dan perangkat elektronik juga turut memberikan kontribusi terhadap pembebanan struktur *Fuselage* (Albukhari et al., 2021).

3. Fungsi Aerodinamis

Fuselage juga memiliki fungsi aerodinamis yang berkaitan erat dengan bentuk luar atau permukaannya. Desain *Fuselage* dibuat berdasarkan prinsip-prinsip aerodinamika dengan tujuan untuk meminimalkan hambatan udara (*drag*) serta meningkatkan efisiensi aliran udara di sekitar pesawat. Bentuk *Fuselage* yang *streamline* atau ramping memungkinkan pesawat untuk bergerak dengan lebih efisien, sehingga dapat meningkatkan performa penerbangan serta mengurangi konsumsi bahan bakar.

4. Fungsi Integrasi Sistem

Fuselage berfungsi sebagai tempat integrasi berbagai sistem penting pesawat. Di dalam *Fuselage* terdapat berbagai sistem seperti sistem kontrol penerbangan, sistem bahan bakar, sistem hidrolik, serta sistem kelistrikan. Penempatan sistem-sistem tersebut dilakukan secara terencana agar dapat mendukung operasional pesawat secara optimal serta memudahkan proses perawatan dan inspeksi.

5. Fungsi Perlindungan

Selain fungsi-fungsi tersebut, *Fuselage* juga memiliki peran sebagai pelindung bagi penumpang, awak pesawat, serta komponen internal lainnya. *Fuselage* melindungi dari pengaruh lingkungan luar seperti tekanan udara yang

tinggi, perubahan suhu ekstrem, serta potensi bahaya selama penerbangan maupun saat proses pendaratan. Dengan demikian, *Fuselage* berperan penting dalam menjaga keselamatan dan keamanan selama operasi pesawat berlangsung.

II.2.6.2.2 Struktur *Fuselage*

Struktur *Fuselage* dirancang dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan struktural dan efisiensi berat. Dalam perancangannya, *Fuselage* harus mampu menahan berbagai jenis beban yang bekerja selama pesawat beroperasi tanpa menambah bobot secara berlebihan yang dapat menurunkan performa pesawat.

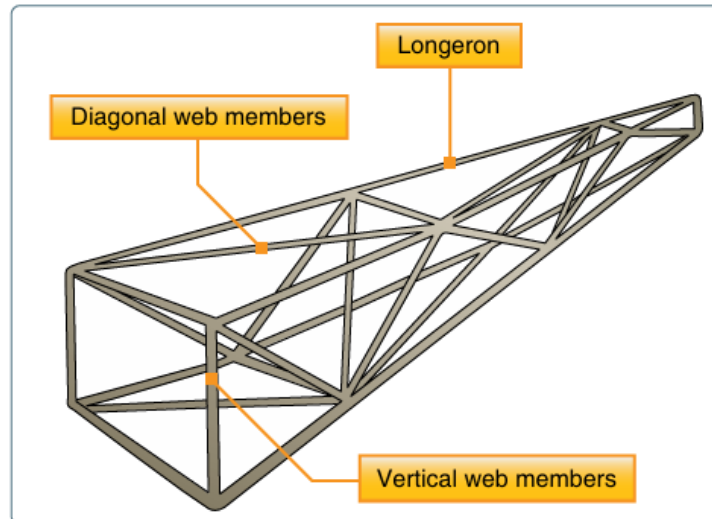
Secara umum, struktur *Fuselage* modern menggunakan konsep semi-monocoque, yaitu struktur berbentuk cangkang yang diperkuat dengan rangka internal sehingga mampu mendistribusikan beban secara merata ke seluruh bagian struktur. Konsep ini memungkinkan *Fuselage* memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi serta mampu menahan berbagai kondisi pembebanan yang kompleks (Albukhari et al., 2021).

Dalam pendekatan analisis struktur, *Fuselage* juga dapat dianalogikan sebagai sebuah balok (*beam*) yang terdiri dari elemen-elemen utama seperti elemen longitudinal (*stringer* dan *longeron*), elemen transversal (*frame* dan *bulkhead*), serta kulit luar (*skin*) yang berfungsi sebagai penahan beban utama. Kombinasi dari elemen-elemen tersebut memungkinkan struktur *Fuselage* bekerja secara efisien dalam menahan gaya-gaya yang terjadi selama operasi penerbangan (Albukhari et al., 2021).

Selain itu, berdasarkan perkembangan desain, terdapat beberapa jenis konstruksi *Fuselage*, yaitu:

1. Struktur *Truss* (Rangka Terbuka)

Struktur *truss* merupakan salah satu bentuk konstruksi awal yang menggunakan rangka batang yang disusun membentuk pola segitiga untuk menghasilkan kekuatan yang optimal. Struktur ini banyak digunakan pada pesawat kecil atau pada tahap awal perkembangan pesawat karena sederhana, namun kurang efisien dari segi aerodinamika (Pratama, 2021).

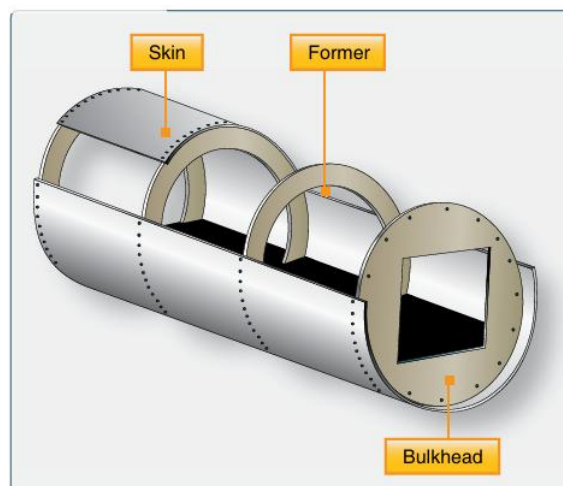


(Sumber : *Aircraft Maintenance handbook*)

Gambar II. 9 Struktur *Truss* (Rangka Terbuka)

2. Struktur *Monocoque*

Struktur *monocoque* merupakan jenis konstruksi di mana beban utama ditanggung oleh kulit luar pesawat tanpa adanya rangka internal yang dominan. Struktur ini memiliki keunggulan dalam hal efisiensi berat, namun memiliki kelemahan dalam hal ketahanan terhadap kerusakan lokal seperti retakan atau deformasi yang dapat mempengaruhi kekuatan keseluruhan struktur (Pratama, 2021).

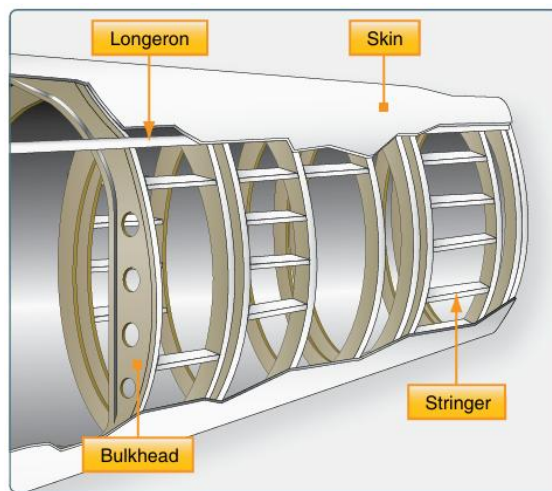


(Sumber : *Aircraft Maintenance handbook*)

Gambar II. 10 Struktur *Monocoque*

3. Struktur *Semi-Monocoque*

Struktur *semi-monocoque* merupakan kombinasi antara kulit luar dan rangka internal, sehingga beban dapat didistribusikan secara lebih merata. Rangka internal terdiri dari komponen seperti *frame*, *stringer*, *longeron*, serta *bulkhead* yang bekerja secara bersama-sama dalam menahan beban. Struktur ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan pada pesawat modern karena mampu memberikan kekuatan tinggi dengan berat yang relatif ringan serta memiliki keandalan yang lebih baik terhadap berbagai kondisi pembebanan (Pratama, 2021).



(Sumber : *Aircraft Maintenance handbook*)

Gambar II. 11 Struktur *Semi-Monocoque*

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu metode penelitian yang didasarkan pada data nyata dalam bentuk angka yang dianalisis dengan teknik statistik sebagai alat pengujian. Data tersebut berkaitan langsung dengan permasalahan yang diteliti dan diolah untuk menghasilkan kesimpulan yang objektif dan terukur (Sugiyono, 2018) dalam (Lestari et al., 2024). Pendekatan ini disusun secara sistematis, direncanakan dengan matang, serta dilaksanakan melalui tahapan yang terstruktur. Karakteristik utama dari penelitian kuantitatif adalah sifatnya yang objektif, dengan penekanan pada data yang dapat dihitung sehingga mampu menghasilkan kesimpulan yang logis dan terukur sesuai dengan permasalahan yang diteliti.

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian ini bertujuan untuk menggambarkan kondisi aktual pada objek penelitian secara sistematis, khususnya yang berkaitan dengan kualitas proses produksi. Melalui pendekatan ini, analisis difokuskan pada pengukuran tingkat kegagalan, penelusuran penyebab terjadinya cacat, serta penentuan prioritas perbaikan berdasarkan hasil pengolahan data numerik yang diperoleh.

III.2 Objek Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi *defect* pada proses produksi *fuselage* di PT Dirgantara Indonesia, mengetahui penyebab utama terjadinya *defect*, serta menentukan usulan perbaikan untuk mencegah *defect* pada proses berikutnya. Dalam industri pesawat terbang, kualitas menjadi hal yang sangat penting karena setiap komponen harus memenuhi standar yang ketat dan dituntut mencapai kondisi *zero defect*. Oleh karena itu, penelitian ini lebih berfokus pada pencegahan *defect* sejak awal proses produksi, sehingga digunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Alasan menggunakan metode FMEA karena metode ini memiliki kecocokan dengan permasalahan di PT Dirgantara Indonesia. FMEA berfokus pada identifikasi potensi kegagalan sebelum *defect* benar-benar terjadi, sehingga sesuai dengan proses produksi *fuselage* yang membutuhkan ketelitian tinggi dan pengendalian kualitas yang ketat. Melalui parameter *severity*, *occurrence*, dan *detection*, FMEA dapat menentukan tingkat risiko setiap *defect* melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN), sehingga perusahaan dapat menetapkan prioritas perbaikan yang tepat.

Objek penelitian dalam penelitian ini adalah proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia, khususnya pada departemen *Sub-Assembly Aircraft-AC2000*. Fokus penelitian diarahkan pada identifikasi *defect* yang terjadi selama proses perakitan *Fuselage*, seperti *incorrect hole* yang merupakan *defect* dengan frekuensi tertinggi.

III.3 Subjek Penelitian

Subjek penelitian merupakan pihak atau entitas yang menjadi fokus utama dalam proses pengamatan dan pengumpulan data dalam suatu penelitian. Subjek ini dapat berupa individu maupun pihak yang memiliki keterkaitan langsung dengan objek yang diteliti, sehingga mampu memberikan informasi yang relevan dan akurat sesuai dengan tujuan penelitian.

Dalam penelitian ini, subjek yang terlibat adalah pihak-pihak yang berkaitan langsung dengan proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia, khususnya pada departemen *Sub-Assembly Aircraft*. Adapun subjek penelitian meliputi personel pada bagian *Quality Control* dan Produksi, seperti supervisor dan manajer terkait, yang berperan sebagai sumber informasi utama dalam proses observasi dan pengumpulan data mengenai *defect* yang terjadi selama proses produksi.

III.4 Teknik Pengumpulan Data

Untuk memperoleh data yang valid dan relevan, penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data yang sesuai dengan kebutuhan analisis. Metode yang diterapkan difokuskan pada pengumpulan informasi terkait proses perakitan

Fuselage sebagai dasar dalam melakukan analisis penelitian. Teknik pengumpulan data yang dilakukan sebagai berikut:

1. Observasi

Observasi digunakan sebagai teknik utama dalam pengumpulan data dengan cara melakukan pengamatan langsung terhadap proses produksi *Fuselage* pesawat NC212. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh data empiris mengenai alur proses produksi, tahapan pekerjaan, serta potensi *defect* yang terjadi selama proses perakitan. Pelaksanaan observasi didukung dengan wawancara dan diskusi secara langsung bersama pihak *Quality Control* (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan PT Dirgantara Indonesia, sehingga diperoleh informasi yang lebih mendalam mengenai kondisi aktual proses produksi.

2. Dokumentasi

Metode dokumentasi dilakukan dengan mengumpulkan data dari departemen terkait yang berhubungan dengan proses produksi *Fuselage*. Data yang diperoleh berupa catatan *defect*, laporan kualitas, serta dokumentasi visual seperti foto yang menggambarkan kondisi kecacatan produk. Penggunaan metode ini bertujuan untuk menyediakan data pendukung yang akurat dan dapat digunakan sebagai dasar dalam analisis lebih lanjut terkait permasalahan kualitas.

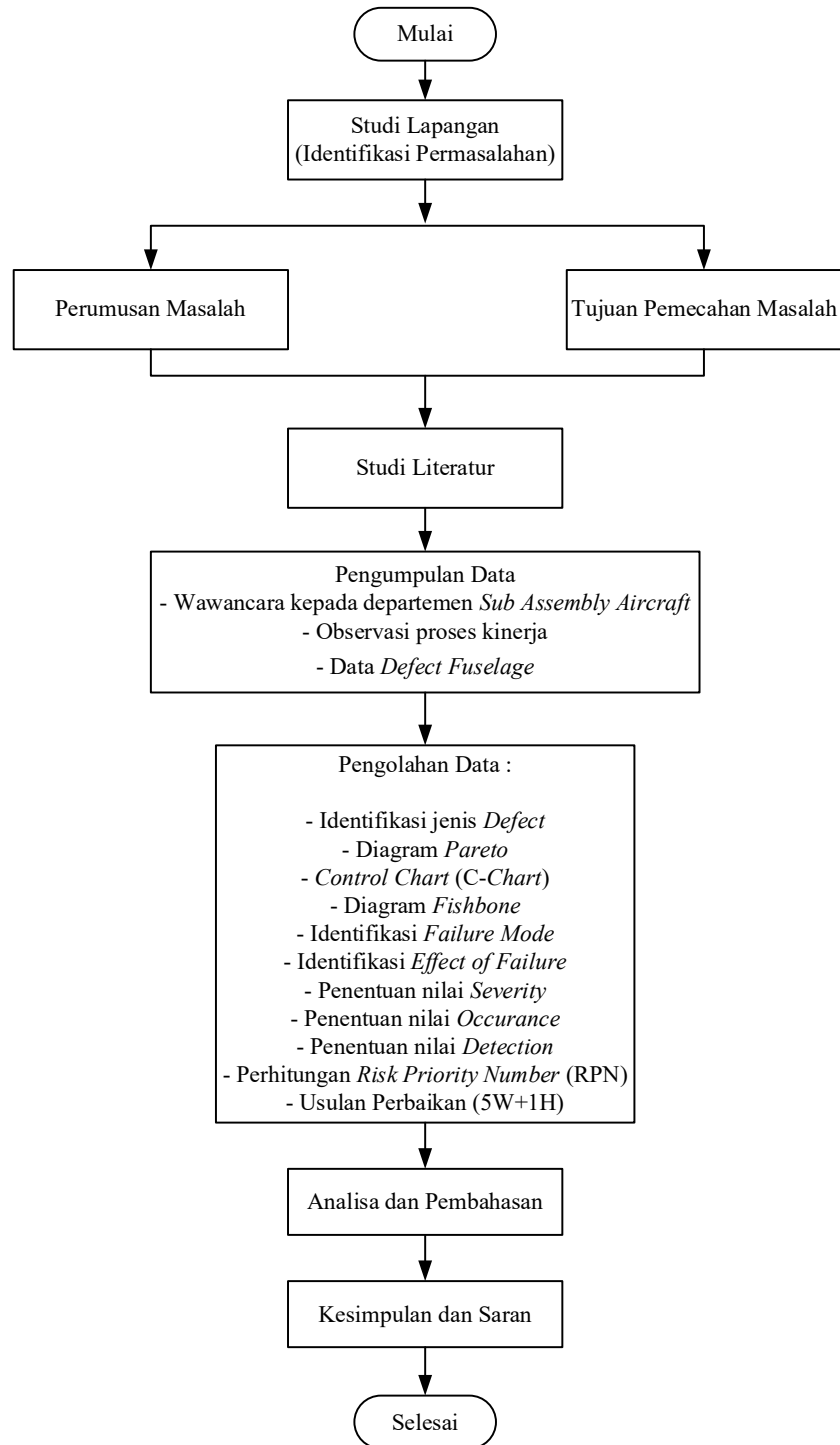
3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk memperkuat dasar teori yang digunakan dalam penelitian. Kegiatan ini meliputi pengumpulan referensi dari berbagai sumber terpercaya, seperti buku ilmiah, jurnal penelitian, dan sumber akademik lainnya yang relevan dengan topik kualitas, FMEA, dan proses produksi. Informasi dari literatur tersebut digunakan sebagai acuan dalam menganalisis permasalahan serta menyusun solusi yang tepat.

III.5 Metodologi Penelitian

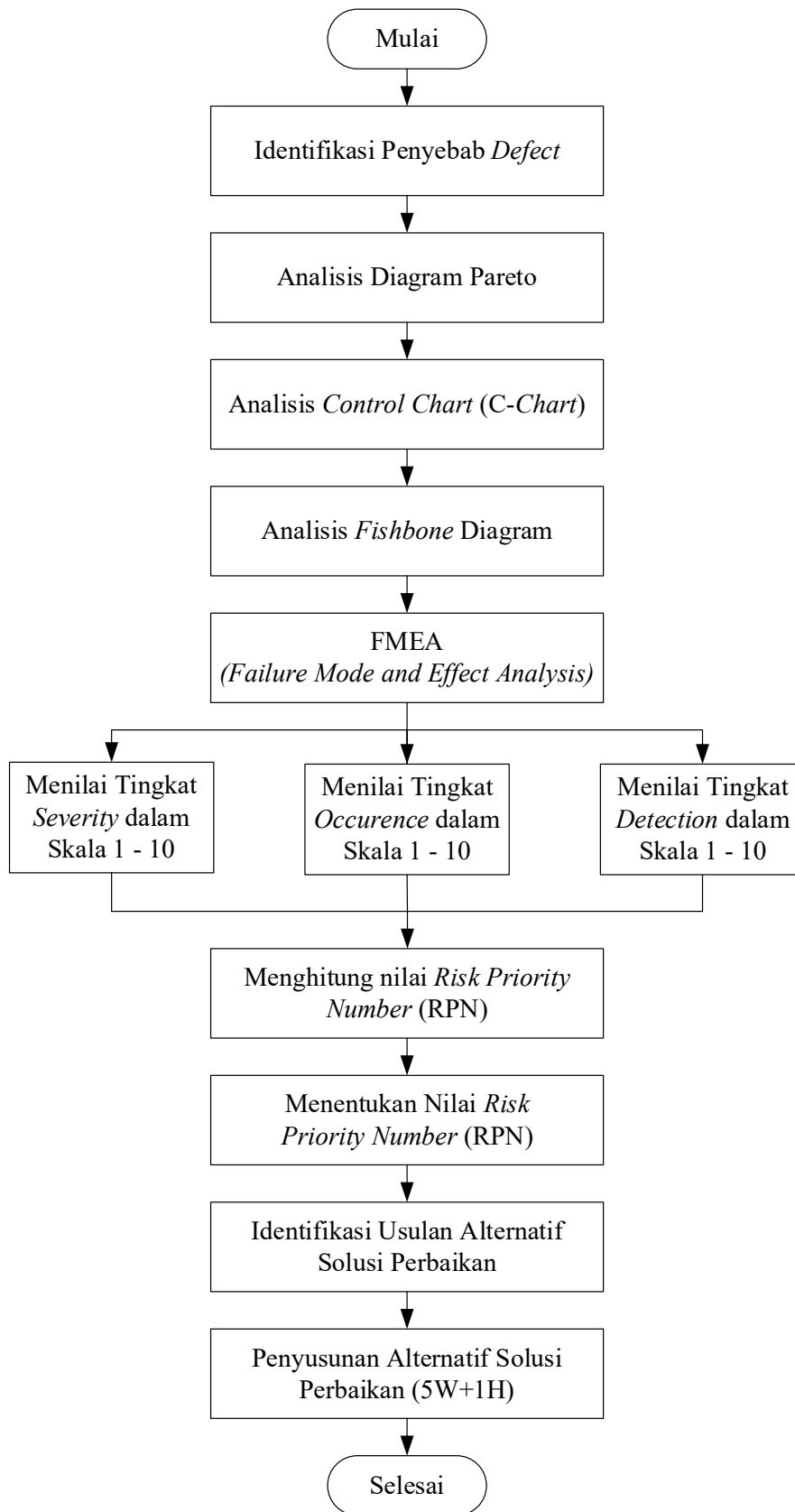
Dalam suatu penelitian, diperlukan tahapan kerja yang tersusun secara sistematis agar proses analisis data dan penyelesaian permasalahan dapat dilakukan secara efektif dan terarah. Metodologi penelitian menggambarkan urutan langkah

yang ditempuh peneliti selama penyusunan skripsi, sehingga memudahkan dalam memahami alur penelitian yang dilakukan. Untuk memperjelas tahapan tersebut, alur kerja penelitian disajikan dalam bentuk *flowchart* yang berfungsi sebagai panduan dalam pelaksanaan setiap langkah penelitian, yaitu sebagai berikut:



(Sumber : Analisis Penulis)

Gambar III. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



(Sumber : Analisis Penulis)

Gambar III. 2 *Flowchart* Metoda Penelitian

Berdasarkan Gambar III. 1 tahapan penelitian yang dilakukan dalam studi ini dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan pada tahap awal penelitian dengan cara melakukan pengamatan langsung terhadap kondisi aktual di lapangan, khususnya pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212. Tujuan dari tahap ini adalah untuk memperoleh gambaran nyata mengenai alur proses serta mendapatkan informasi mengenai permasalahan yang terjadi selama proses perakitan.

2. Identifikasi Permasalahan

Tahap identifikasi permasalahan dilakukan untuk memahami secara rinci permasalahan yang dihadapi perusahaan. Pada tahap ini dirumuskan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan penelitian agar pembahasan lebih terarah. Selain itu, pada tahap ini juga mulai diidentifikasi faktor-faktor yang berpotensi menjadi penyebab dari topik yang diambil.

3. Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka bertujuan untuk memperoleh dasar teoritis yang mendukung penelitian. Tahapan ini terdiri dari dua bagian, yaitu:

- a. Kajian Literatur, yang berisi penelitian terdahulu yang relevan dengan topik dan metode yang digunakan pada penelitian ini.
- b. Landasan Teori, yang memuat konsep-konsep dasar terkait metode analisis yang digunakan dalam penelitian.

4. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung dan wawancara dengan pihak terkait, seperti bagian produksi dan quality control. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari dokumentasi perusahaan, seperti data *defect*, laporan kualitas, serta referensi dari jurnal dan literatur yang relevan.

5. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data dilakukan untuk mengolah data yang telah dikumpulkan menjadi informasi yang dapat digunakan dalam analisis. Dalam penelitian ini, pengolahan data dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu

diagram Pareto untuk menentukan *defect* dominan, *Fishbone* Diagram untuk mengidentifikasi akar penyebab berdasarkan pendekatan 4M (*man, machine, method, material*), serta metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

6. Analisis dan Pembahasan

Setelah data diolah, dilakukan analisis secara mendalam terhadap hasil yang diperoleh. Pembahasan difokuskan pada identifikasi akar penyebab *defect* serta tingkat risiko kegagalan pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusun usulan perbaikan yang bertujuan untuk meminimalkan terjadinya *defect* dan meningkatkan kualitas proses produksi.

7. Kesimpulan dan Saran

Tahap akhir penelitian adalah penarikan kesimpulan yang merangkum hasil analisis sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Selain itu, diberikan saran yang dapat digunakan sebagai rekomendasi bagi perusahaan dalam meningkatkan kualitas produksi serta sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

III.6 Identifikasi *Defect*

Identifikasi *defect* merupakan tahapan awal yang memiliki peranan sangat penting dalam penelitian ini, karena menjadi dasar dalam memahami permasalahan kualitas yang terjadi pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia. Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui secara rinci jenis-jenis cacat (*defect*) yang muncul selama proses perakitan, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam analisis lebih lanjut menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pelaksanaan identifikasi *defect* dilakukan secara terstruktur agar data yang diperoleh memiliki tingkat akurasi yang tinggi serta mampu merepresentasikan kondisi aktual di lapangan.

Proses identifikasi diawali dengan pengumpulan data *defect* yang diperoleh dari bagian *Quality Control* (QC) berupa laporan hasil inspeksi selama periode tertentu. Untuk memperkuat keakuratan data, dilakukan pula observasi langsung di

lapangan guna memahami kondisi aktual proses produksi serta memastikan kesesuaian antara data yang terdokumentasi dengan kondisi nyata.

Selanjutnya, data *defect* yang telah diperoleh kemudian dilakukan proses klasifikasi berdasarkan jenis kecacatan yang terjadi. Pada penelitian ini, klasifikasi *defect* difokuskan pada beberapa jenis cacat utama yang sering muncul dalam proses produksi *Fuselage*, seperti *incorrect hole*, *edge margin*, *mismatch*, dan *gap*. Klasifikasi ini bertujuan untuk menyederhanakan data sehingga lebih mudah dianalisis, sekaligus membantu dalam mengidentifikasi pola kemunculan *defect* yang dominan.

Tahapan berikutnya adalah melakukan perhitungan frekuensi kejadian dari masing-masing jenis *defect*. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemunculan setiap jenis cacat dalam proses produksi. Hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan untuk menentukan *defect* yang paling dominan dengan menggunakan pendekatan diagram Pareto. *Defect* dengan frekuensi tertinggi ditetapkan sebagai prioritas utama untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan metode FMEA, sehingga upaya perbaikan dapat difokuskan pada permasalahan yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

IV.1 Pengumpulan Data

IV.1.1 Sejarah Singkat Perusahaan

PT Dirgantara Indonesia merupakan perusahaan milik negara yang bergerak di bidang industri dirgantara dan menjadi salah satu perusahaan strategis nasional di Indonesia. Perusahaan ini memiliki kompetensi utama dalam desain, pengembangan, manufaktur, perakitan, serta pemeliharaan pesawat terbang untuk kebutuhan sipil maupun militer. Selain itu, PT Dirgantara Indonesia juga berperan penting dalam pengembangan teknologi dirgantara nasional dan mendukung kemajuan industri penerbangan Indonesia agar mampu bersaing di tingkat internasional.

PT Dirgantara Indonesia didirikan pada tanggal 26 April 1976 di Kota Bandung, Jawa Barat, dengan nama awal Industri Pesawat Terbang Nurtanio (IPTN). Perusahaan ini dibentuk sebagai wujud visi pemerintah Indonesia dalam membangun kemandirian industri penerbangan nasional yang dipelopori oleh B.J. Habibie. Seiring perkembangan perusahaan dan perubahan kondisi industri, IPTN kemudian berubah nama menjadi PT Dirgantara Indonesia (PTDI) pada tahun 2000. Kantor pusat dan fasilitas produksinya berlokasi di Jalan Pajajaran No. 154, Husen Sastranegara, Bandung 40174, Jawa Barat, Indonesia.

Sebagai perusahaan aerospace, PT Dirgantara Indonesia telah memproduksi berbagai jenis pesawat untuk memenuhi kebutuhan transportasi sipil, operasi militer, patroli maritim, pengawasan udara, hingga kebutuhan misi khusus lainnya. Produk yang dihasilkan antara lain NC212, CN235, N219, helikopter, serta berbagai komponen dan struktur pesawat. Selain memproduksi pesawat secara utuh, PTDI juga memiliki kemampuan dalam pembuatan aircraft parts, assembly structure, integrasi sistem pesawat, hingga maintenance repair and overhaul (MRO). Produk dan layanan yang dihasilkan perusahaan telah digunakan oleh berbagai operator penerbangan di dalam maupun luar negeri.

Dalam menjalankan kegiatan usahanya, PT Dirgantara Indonesia memiliki visi untuk menjadi pusat kompetensi industri dirgantara dan mampu bersaing secara global melalui kerja sama strategis dengan perusahaan aerospace kelas dunia. Perusahaan juga berkomitmen menghasilkan produk dan layanan yang kompetitif dari segi kualitas, biaya, dan ketepatan waktu pengiriman. Oleh karena itu, PTDI terus melakukan pengembangan teknologi, peningkatan kualitas sumber daya manusia, serta modernisasi fasilitas produksi agar mampu memenuhi kebutuhan industri penerbangan yang terus berkembang.

Sebagai perusahaan yang bergerak di industri dengan tingkat presisi tinggi, PT Dirgantara Indonesia sangat memperhatikan aspek kualitas dalam setiap proses produksinya. Pengendalian kualitas dilakukan secara ketat mulai dari proses manufaktur, inspeksi, hingga pengujian akhir produk untuk memastikan seluruh komponen dan struktur pesawat memenuhi standar keselamatan penerbangan internasional. Upaya peningkatan kualitas juga terus dilakukan untuk meminimalkan defect, meningkatkan efisiensi produksi, serta menjaga kepuasan pelanggan. Dengan pengalaman dan kemampuan yang dimiliki, PT Dirgantara Indonesia terus berkembang sebagai salah satu perusahaan dirgantara terbesar di Asia Tenggara dan menjadi simbol kemajuan teknologi penerbangan nasional.

IV.1.2 Logo Perusahaan



(Sumber : Indonesian *Aerospace*)

Gambar IV. 1 Logo PT Dirgantara Indonesia

Logo PT Dirgantara Indonesia merupakan identitas perusahaan yang mencerminkan sejarah, visi, dan komitmennya dalam industri kedirgantaraan. Setiap elemen pada logo memiliki makna filosofis yang menggambarkan perjalanan serta perkembangan perusahaan dalam mendukung kemajuan teknologi

penerbangan di Indonesia. Berikut merupakan makna logo PT Dirgantara Indonesia:

1. Warna biru pada logo melambangkan langit sebagai ruang utama beroperasinya pesawat terbang. Warna ini juga mencerminkan profesionalisme, kepercayaan, dan komitmen perusahaan dalam industri kedirgantaraan.
2. Tiga elemen sayap menggambarkan perjalanan dan perkembangan perusahaan yang terdiri dari:
 - a. PT Industri Pesawat Terbang Nurtanio (IPTN)
 - b. PT Industri Pesawat Terbang Nusantara
 - c. PT Dirgantara Indonesia
3. Bentuk pesawat yang semakin membesar melambangkan semangat perusahaan untuk terus tumbuh, berkembang, dan meningkatkan kemampuan dalam menghasilkan produk serta teknologi kedirgantaraan yang kompetitif.
4. Bentuk lingkaran melambangkan dunia atau cakupan global, yang mencerminkan visi PT Dirgantara Indonesia untuk menjadi perusahaan dirgantara yang mampu bersaing dan diakui di tingkat internasional.

IV.1.3 Visi, Misi dan Strategi Perusahaan

IV.1.3.1 Visi

Menjadi *market leader* pesawat terbang *turboprop* kelas menengah dan ringan, serta menjadi acuan dari Perusahaan di wilayah Asia Pasifik dengan mengoptimalkan kompetensi industri dan komersial terbaik.

IV.1.3.2 Misi

1. Menjadi pusat kompetensi dalam industri kedirgantaraan dan misi militer, serta untuk aplikasi non kedirgantaraan yang relevan.
2. Menjadi pemain kunci di industri global yang memiliki aliansi strategis dengan industri kedirgantaraan kelas dunia.
3. Memberikan produk dan jasa yang kompetitif dalam hal kualitas dan biaya.

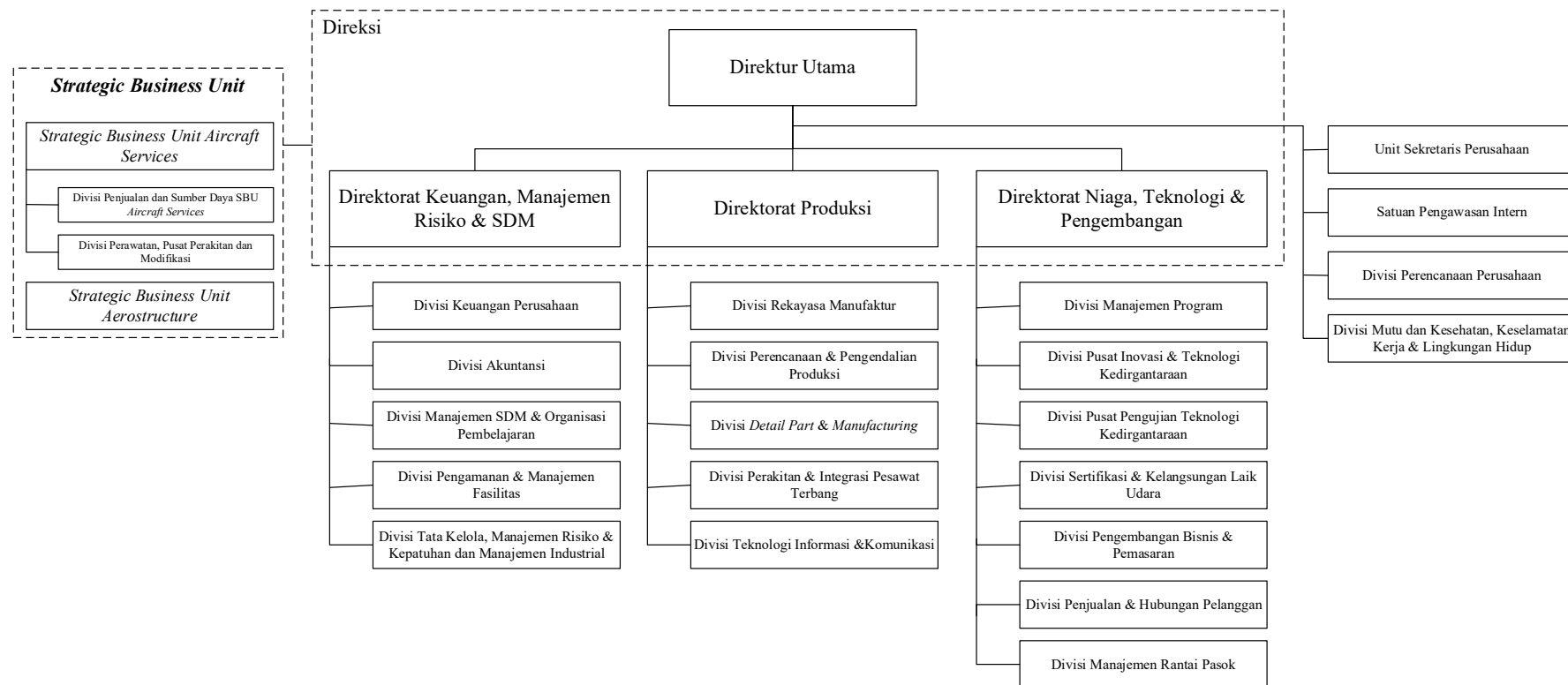
IV.1.3.3 Strategi

Dalam upaya mencapai visi dan mempertahankan daya saing di industri kedirgantaraan, PT Dirgantara Indonesia menerapkan berbagai strategi yang berfokus pada penguatan bisnis, peningkatan efisiensi operasional, serta pengembangan pasar. Strategi yang dijalankan perusahaan meliputi:

1. Memperkuat hubungan kemitraan yang telah terjalin serta menjajaki peluang kerja sama baru dengan berbagai perusahaan dan institusi yang bergerak di bidang kedirgantaraan, baik di dalam maupun luar negeri.
2. Mengoptimalkan dukungan dari Pemerintah Republik Indonesia dalam mendorong pemasaran dan penjualan pesawat, helikopter, maupun layanan lainnya, terutama untuk mendukung pengembangan industri strategis nasional dan kebutuhan pertahanan negara.
3. Melakukan penyempurnaan proses bisnis secara berkelanjutan melalui peningkatan efisiensi operasional, pengendalian biaya, serta penerapan langkah-langkah perbaikan pada setiap unit kerja dan aktivitas perusahaan.
4. Memperluas jangkauan pemasaran dengan mengembangkan jaringan bisnis, meningkatkan hubungan dengan pelanggan, serta membuka peluang pasar baru untuk produk dan jasa perusahaan.
5. Mengoptimalkan pemanfaatan aset perusahaan dengan mengurangi aset maupun persediaan yang kurang produktif, serta memanfaatkan fasilitas yang tidak digunakan secara maksimal untuk kegiatan yang dapat memberikan nilai ekonomi tambahan bagi perusahaan.

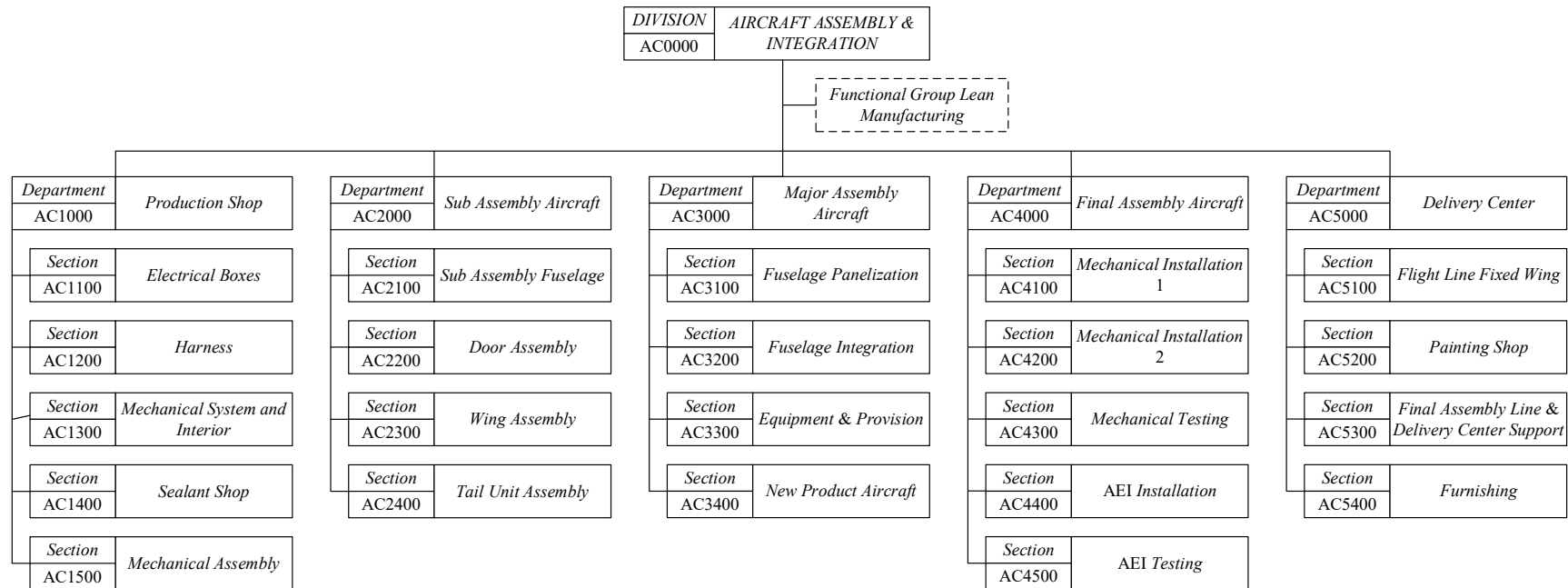
IV.1.4 Struktur Organisasi Perusahaan

Struktur organisasi merupakan bagian penting dalam perusahaan yang menunjukkan pembagian tugas, tanggung jawab, dan wewenang setiap karyawan. Dengan adanya struktur organisasi yang jelas, setiap individu dapat memahami peran dan tanggung jawabnya sehingga kegiatan perusahaan dapat berjalan secara teratur, terkoordinasi, dan efektif.



Sumber : (Departemen Sub *Assembly* PT Dirgantara Indonesia)

Gambar IV. 2 Struktur Organisasi PT Dirgantara Indonesia

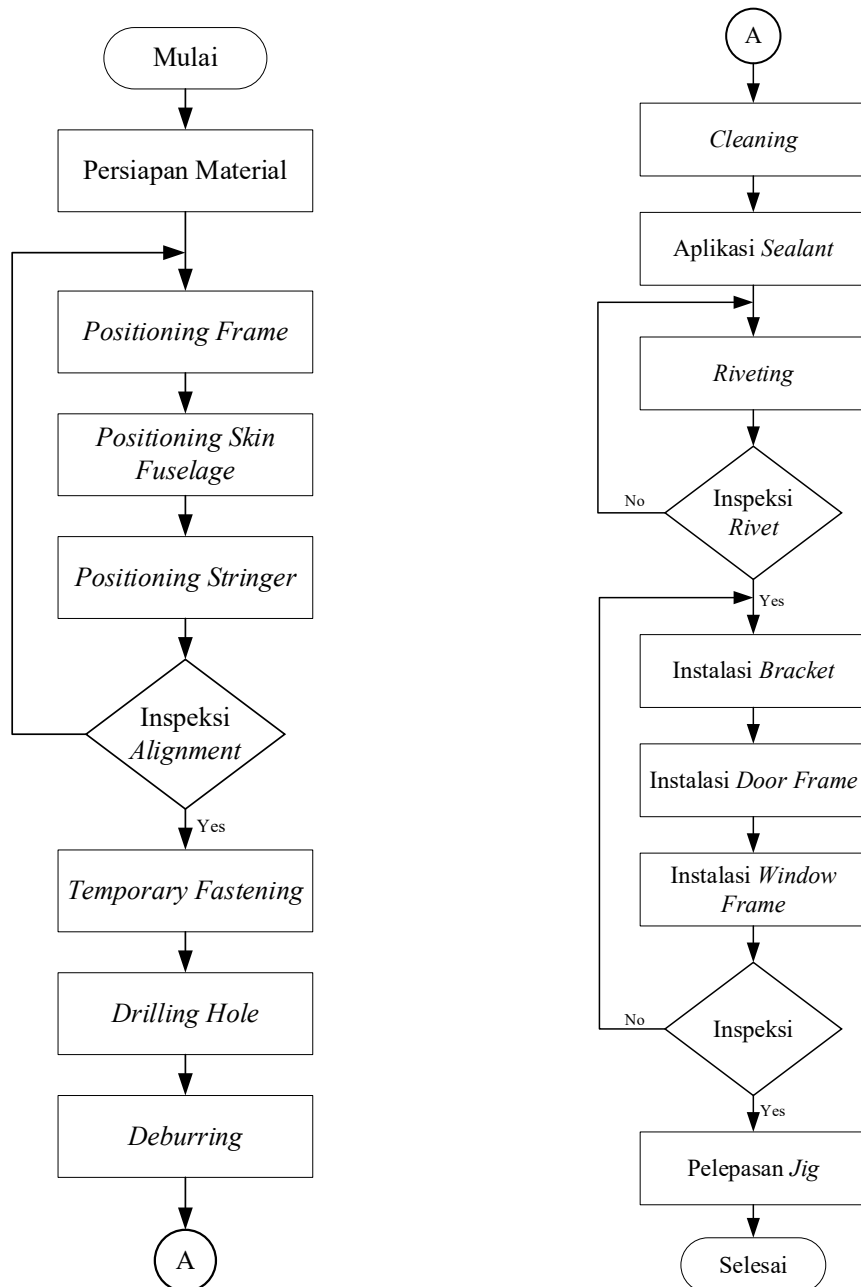


Sumber : (Departemen Sub Assembly PT Dirgantara Indonesia)

Gambar IV. 3 Struktur Organisasi Departemen *Sub Assembly*

IV.1.5 Flow Process Produksi

Proses perakitan *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia terdiri atas beberapa tahapan yang dilakukan secara berurutan, mulai dari persiapan material hingga inspeksi akhir. Setiap tahapan memiliki fungsi, waktu pengerjaan, dan peralatan yang berbeda sesuai dengan kebutuhan proses. Adapun alur proses perakitan *Fuselage* disajikan pada *Flow Process* berikut :

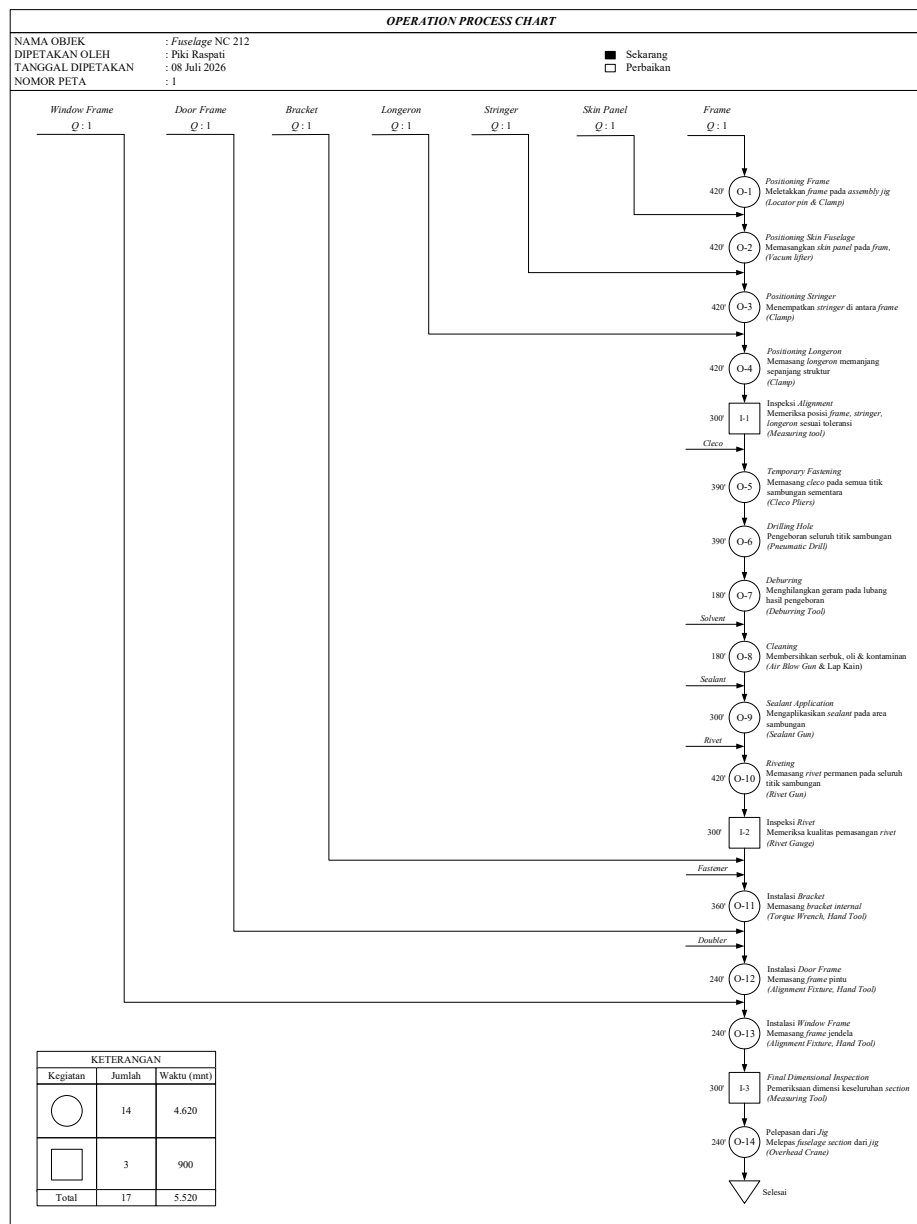


(Sumber : Departemen Sub *Assembly* PT Dirgantara Indonesia)

Gambar IV. 4 *Flow Process* Perakitan *Fuselage*

IV.1.6 Proses Perakitan *Fuselage*

Proses perakitan *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia diawali dengan persiapan material dan komponen yang akan dirakit, kemudian dilanjutkan dengan serangkaian proses perakitan sesuai urutan kerja yang telah ditetapkan. Setelah seluruh proses selesai dilakukan, dilakukan inspeksi untuk memastikan hasil perakitan memenuhi standar kualitas sebelum diteruskan ke proses berikutnya. Adapun penjelasan dari setiap tahapan proses adalah sebagai berikut :



(Sumber : Departemen Sub Assembly PT Dirgantara Indonesia)

Gambar IV. 5 Operation Process Chart Perakitan *Fuselage*

1. Material yang digunakan

a. *Frame*

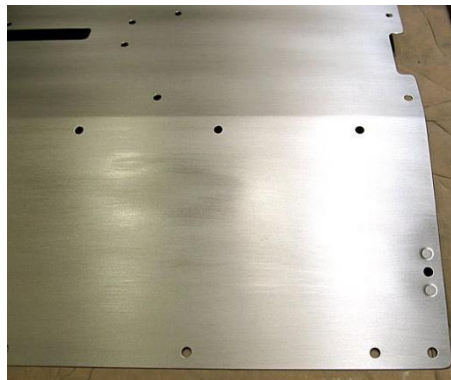


(Sumber : Airbus)

Gambar IV. 6 *Frame*

Frame merupakan struktur melintang yang dipasang pada bagian dalam *fuselage* untuk mempertahankan bentuk penampang badan pesawat serta meningkatkan kekakuan struktur. Selain itu, *frame* berfungsi mendistribusikan beban yang diterima *skin panel* ke struktur utama *fuselage* sehingga kekuatan badan pesawat tetap terjaga.

b. *Skin Panel*

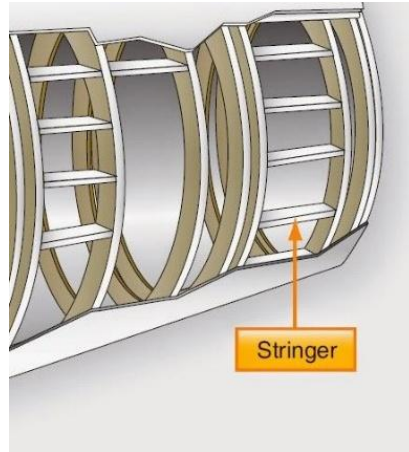


(Sumber : spiritaero)

Gambar IV. 7 *Skin Panel*

Skin Panel merupakan lembaran aluminium yang berfungsi sebagai kulit luar (*outer skin*) *fuselage*. Komponen ini menjadi struktur utama yang membentuk kontur badan pesawat sekaligus menerima beban aerodinamis selama pesawat beroperasi. Pada proses perakitan, *skin panel* diposisikan terlebih dahulu pada *assembly jig* sebagai acuan pemasangan komponen struktur lainnya.

c. *Stringer*

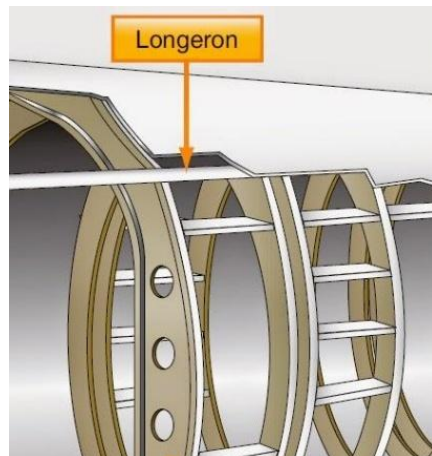


(Sumber : *Aircraft Structures Handbook*)

Gambar IV. 8 *Stringer*

Stringer adalah komponen struktur memanjang yang dipasang sejajar dengan sumbu *fuselage*. Komponen ini berfungsi memperkuat *skin panel*, meningkatkan kekakuan struktur, serta mengurangi kemungkinan terjadinya deformasi akibat pembebanan selama proses operasi pesawat.

d. *Longeron*



(Sumber : *Aircraft Structures Handbook*)

Gambar IV. 9 *Longeron*

Longeron merupakan elemen struktur utama yang dipasang memanjang pada *fuselage* dengan dimensi yang lebih besar dibandingkan *stringer*. Komponen ini berfungsi menahan beban lentur (*bending load*) dan membantu mempertahankan kekuatan keseluruhan struktur badan pesawat.

e. *Bracket*



(Sumber : boeing)

Gambar IV. 10 *Bracket*

Bracket merupakan komponen penyambung yang digunakan untuk menghubungkan antarbagian struktur *fuselage*, seperti *frame*, *stringer*, maupun komponen pendukung lainnya. *Bracket* membantu menjaga posisi komponen agar tetap sesuai dengan gambar teknik selama proses perakitan.

f. *Door Frame*

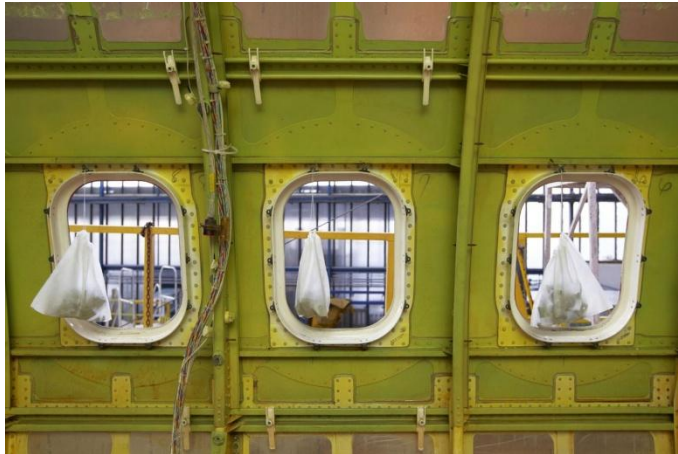


(Sumber : Airbus)

Gambar IV. 11 *Door Frame*

Door Frame merupakan struktur penguat yang dipasang pada area bukaan pintu pesawat. Komponen ini berfungsi menjaga kekuatan struktur di sekitar pintu serta mendistribusikan beban yang terjadi akibat adanya bukaan pada badan pesawat.

g. *Window Frame*

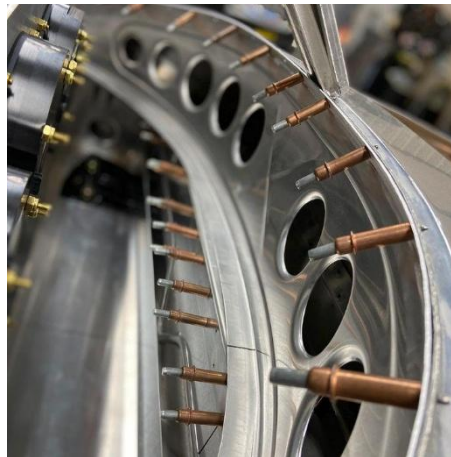


(Sumber : *Aircraft Structures Handbook*)

Gambar IV. 12 *Window Frame*

Window Frame adalah komponen yang dipasang pada area bukaan jendela pesawat. Fungsi utamanya adalah memperkuat struktur di sekitar jendela, menjaga kestabilan dimensi bukaan, serta menjadiudukan pemasangan kaca jendela pesawat.

h. *Cleco*



(Sumber : *Cleaveland Aircraft Tool*)

Gambar IV. 13 *Cleco*

Cleco merupakan alat pengikat sementara (*temporary fastener*) yang digunakan selama proses perakitan. *Cleco* berfungsi menahan posisi komponen yang telah disejajarkan sebelum dilakukan proses pengeboran dan pemasangan *rivet* permanen sehingga mengurangi kemungkinan terjadinya pergeseran komponen.

i. *Solvent*

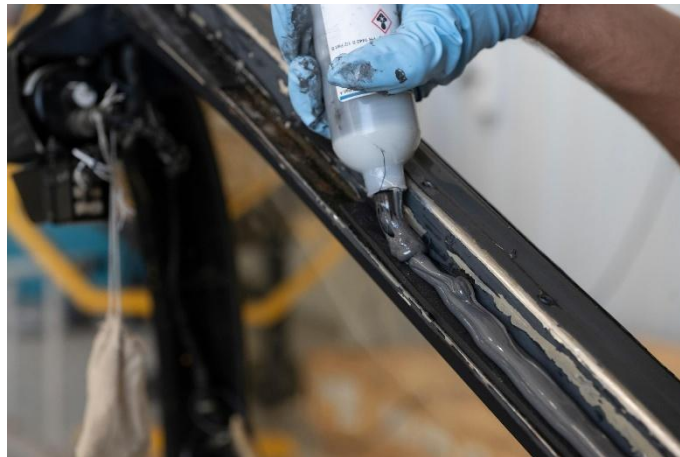


(Sumber : Henkel Adhesives)

Gambar IV. 14 *Solvent*

Solvent merupakan cairan pembersih yang digunakan setelah proses pengeboran dan *deburring*. *Solvent* berfungsi menghilangkan minyak, debu, geram, serta kontaminan lain pada permukaan sambungan sehingga proses aplikasi *sealant* dan pemasangan *rivet* dapat dilakukan dengan baik.

j. *Sealant*



(Sumber : Ppg Aerospace)

Gambar IV. 15 *Sealant*

Sealant merupakan material pelapis yang diaplikasikan pada area sambungan sebelum proses *riveting*. Material ini berfungsi mencegah masuknya air, udara, dan kelembapan ke dalam sambungan, sehingga dapat mengurangi risiko korosi dan meningkatkan kedapn struktur *fuselage*.

k. *Rivet*



(Sumber : Cherry Aerospace)

Gambar IV. 16 *Rivet*

Rivet merupakan pengikat permanen yang digunakan untuk menyambungkan *skin panel* dengan komponen struktur lainnya, seperti *frame*, *stringer*, dan *longeron*. Setelah dipasang menggunakan *rivet gun*, *rivet* akan membentuk sambungan mekanis yang kuat sehingga mampu menahan beban selama pesawat beroperasi.

l. *Fastener*

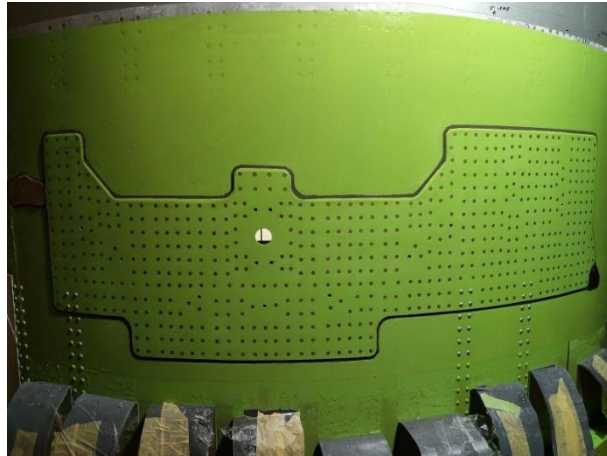


(Sumber : LISI Aerospace Fasteners)

Gambar IV. 17 *Fastener*

Fastener merupakan komponen pengikat yang digunakan pada sambungan tertentu selain *rivet*, seperti *Hi-Lok*, *bolt*, atau *screw* sesuai dengan spesifikasi desain. *Fastener* digunakan pada area yang memerlukan kekuatan sambungan tinggi atau memungkinkan proses pembongkaran dan pemasangan kembali saat kegiatan perawatan.

m. *Doubler*



(Sumber : *Aircraft Structures Handbook*)

Gambar IV. 18 *Doubler*

Doubler merupakan pelat penguat (*reinforcement plate*) yang dipasang pada area tertentu untuk meningkatkan kekuatan struktur *fuselage*. Komponen ini umumnya digunakan pada daerah yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi, seperti di sekitar lubang, bukaan pintu, maupun jendela, sehingga mampu mengurangi risiko terjadinya retak atau deformasi.

2. Proses Produksi

a. *Positioning Frame*

Tahap pertama dalam proses perakitan adalah *positioning frame*, yaitu meletakkan setiap *frame* pada *assembly jig* sesuai dengan posisi yang telah ditentukan pada gambar teknik. *Frame* diposisikan menggunakan *locator pin* untuk memastikan ketepatan posisi, kemudian dikunci menggunakan *clamp* agar tidak bergeser selama proses perakitan berlangsung. Tahap ini menjadi dasar dalam menjaga kesesuaian dimensi struktur *fuselage*.

b. *Positioning Skin Fuselage*

Setelah *frame* terpasang, dilakukan pemasangan *skin fuselage* pada struktur menggunakan *vacum lifter*. Peralatan ini digunakan untuk mengangkat dan memindahkan *skin panel* secara aman tanpa menyebabkan deformasi maupun kerusakan pada permukaan material. *Skin* kemudian ditempatkan sesuai dengan posisi yang telah ditentukan pada *frame*.

c. *Positioning Stringer*

Proses berikutnya adalah memasang *stringer* pada bagian dalam struktur *fuselage*. *Stringer* diposisikan di antara *frame* sesuai dengan desain struktur dan dikunci menggunakan *clamp* agar posisinya tetap stabil sebelum dilakukan proses penyambungan permanen.

d. *Positioning Longeron*

Selanjutnya dilakukan pemasangan *longeron*, yaitu komponen struktural memanjang yang berfungsi memperkuat *fuselage*. *Longeron* dipasang mengikuti arah memanjang struktur dan dijepit menggunakan *clamp* sehingga posisi antar komponen tetap presisi sebelum proses pengeboran dilakukan.

e. *Temporary Fastening*

Setelah seluruh komponen utama berada pada posisi yang benar, dilakukan *temporary fastening* menggunakan *cleco* dan *cleco pliers*. *Cleco* berfungsi sebagai pengikat sementara untuk menjaga posisi *frame*, *skin*, *stringer*, dan *longeron* tetap sejajar serta mencegah pergeseran selama proses pengeboran dan penyambungan permanen.

f. *Drilling Hole*

Tahap selanjutnya adalah *drilling hole*, yaitu proses pengeboran pada seluruh titik sambungan menggunakan *pneumatic drill*. Lubang dibuat sesuai ukuran dan posisi yang telah ditentukan pada gambar teknik sebagai persiapan pemasangan *rivet*. Ketelitian pada proses ini sangat penting karena akan mempengaruhi kualitas sambungan struktur.

g. *Deburring*

Setelah pengeboran selesai, dilakukan proses *deburring* menggunakan *deburring tool* untuk menghilangkan geram maupun sisi tajam yang terbentuk pada lubang hasil pengeboran. Proses ini bertujuan menghasilkan permukaan lubang yang halus sehingga pemasangan *rivet* dapat dilakukan dengan baik dan mengurangi potensi kerusakan material.

h. *Cleaning*

Seluruh area sambungan kemudian dibersihkan melalui proses *cleaning* menggunakan *air blow gun* dan lap bersih. Pembersihan dilakukan untuk menghilangkan sisa geram, debu, minyak, maupun kontaminan lainnya sehingga permukaan material siap untuk proses aplikasi *sealant*.

i. *Sealant Application*

Pada tahap ini dilakukan pengaplikasian *sealant* menggunakan *sealant gun* pada area sambungan. *Sealant* berfungsi untuk mencegah masuknya udara, air, maupun kelembapan ke dalam struktur serta memberikan perlindungan terhadap korosi pada daerah sambungan.

j. *Riveting*

Setelah *sealant* diaplikasikan, dilakukan pemasangan *rivet* menggunakan *rivet gun* sebagai metode penyambungan permanen antar komponen struktur *fuselage*. Proses *riveting* dilakukan pada seluruh titik sambungan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan sehingga diperoleh kekuatan struktur yang memenuhi persyaratan desain pesawat.

k. *Instalasi Bracket*

Tahap berikutnya adalah pemasangan *bracket internal* menggunakan *torque wrench* dan *hand tool*. *Bracket* berfungsi sebagai komponen pendukung yang menghubungkan maupun memperkuat bagian-bagian tertentu pada struktur *fuselage* sehingga mampu menahan beban selama pengoperasian pesawat.

l. *Instalasi Door Frame*

Selanjutnya dilakukan pemasangan *door frame* menggunakan *alignment fixture* dan *hand tool*. *Alignment fixture* digunakan untuk memastikan posisi *door frame* sesuai dengan titik referensi sehingga dimensi dan keselarasan bukaan pintu memenuhi standar yang dipersyaratkan.

m. *Instalasi Window Frame*

Tahap ini merupakan pemasangan *window frame* menggunakan *alignment fixture* dan *hand tool*. *Window frame* diposisikan secara presisi agar keselarasan, dimensi, dan kualitas pemasangan sesuai dengan spesifikasi desain sehingga dapat mendukung proses instalasi komponen berikutnya.

n. *Pelepasan dari Jig*

Setelah seluruh proses perakitan selesai, *fuselage* dilepaskan dari *assembly jig* menggunakan *overhead crane*. Proses ini dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari perubahan bentuk atau kerusakan pada struktur sebelum *fuselage* dipindahkan ke proses produksi berikutnya.

o. *Inspeksi*

Proses inspeksi dilakukan setelah seluruh tahapan perakitan selesai untuk memastikan bahwa struktur *fuselage* memenuhi standar kualitas dan spesifikasi yang telah ditetapkan. Inspeksi ini mencakup pemeriksaan *alignment* seluruh komponen utama seperti *frame*, *stringer*, dan *longeron* untuk memastikan posisi sesuai toleransi desain. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan kualitas hasil *riveting*, meliputi pemasangan *rivet*, bentuk kepala *rivet*, serta kekencangan sambungan menggunakan *rivet gauge*. Selain itu, dilakukan *final dimensional inspection* dengan mengukur dimensi keseluruhan *fuselage* menggunakan *measuring tool* untuk memastikan seluruh ukuran dan posisi komponen telah sesuai dengan gambar teknik. Hasil inspeksi menjadi dasar penentuan apakah *fuselage* memenuhi persyaratan kualitas dan dapat dilanjutkan ke proses produksi berikutnya.

IV.1.7 Produk yang Dihasilkan

Produk yang diproduksi oleh PT Dirgantara Indonesia dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama, yaitu pesawat bersayap tetap (*fixed wing*) dan pesawat bersayap putar (*rotary wing*).

IV.1.7.1 Fixed Wing

Fixed Wing merupakan kategori produk pesawat sayap tetap yang diproduksi oleh PT. Dirgantara Indonesia. Produk-produk dalam kategori ini dirancang untuk memenuhi berbagai kebutuhan, baik sipil maupun militer. Berikut merupakan produk *Fixed Wing* yang diproduksi oleh PT. Dirgantara Indonesia.

1. Pesawat N219 Nurtanio

N219 Nurtanio merupakan pesawat sayap tetap yang dikembangkan oleh PT. Dirgantara Indonesia dengan mempertimbangkan aspek teknis dan efisiensi

ekonomi. Pesawat ini dirancang untuk mendukung layanan transportasi udara, khususnya di wilayah terpencil, sekaligus menunjang kebutuhan pertahanan dan keamanan. N219 memiliki kapasitas angkut hingga 19 penumpang sehingga sesuai untuk melayani rute-rute perintis maupun daerah yang memiliki keterbatasan infrastruktur.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 19 Pesawat N219

2. Pesawat NC212

Pesawat NC212 merupakan salah satu produk unggulan PT. Dirgantara Indonesia (PT DI). Pesawat ini termasuk dalam kategori pesawat angkut bermesin turboprop berukuran sedang yang memiliki kemampuan *Short Take-Off and Landing* (STOL), sehingga mampu beroperasi pada landasan pendek maupun landasan yang belum beraspal, seperti rumput dan tanah. Pengembangan pesawat NC212 merupakan hasil kerja sama antara PT. Dirgantara Indonesia dan CASA dari Spanyol. Hingga saat ini, pesawat NC212 telah dikembangkan dalam beberapa varian, yaitu NC212-200, NC212-400, dan NC212i sebagai varian terbaru.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 20 Pesawat NC212

3. Pesawat CN235

CN235 merupakan pesawat angkut bermesin ganda yang dirancang untuk mengakomodasi hingga 35 penumpang. Pesawat ini dikenal memiliki biaya operasional dan perawatan yang relatif efisien, sehingga banyak digunakan untuk berbagai kebutuhan transportasi maupun misi khusus. Pengembangan dan produksinya dilakukan melalui kerja sama antara PT. Dirgantara Indonesia dan Airbus Defence and Space. Seiring perkembangannya, PT. Dirgantara Indonesia juga menghasilkan beberapa varian, di antaranya CN235-110 dan CN235-220, yang merupakan penyempurnaan dari model sebelumnya.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 21 Pesawat CN235

4. Pesawat CN295

CN295 merupakan pesawat angkut yang dirancang untuk mendukung berbagai operasi, termasuk misi militer di wilayah dengan kondisi geografis yang menantang. Pesawat ini memiliki performa penerbangan yang andal serta dirancang agar proses perawatannya dapat dilakukan secara efisien. CN295

merupakan hasil pengembangan dari CN235 dengan penambahan panjang badan pesawat sekitar 3 meter, sehingga kapasitas angkutnya meningkat hingga mencapai 50 penumpang.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 22 Pesawat CN295

IV.1.7.2 Rotary Wing

Selain memproduksi pesawat sayap tetap (*Fixed Wing*), PT. Dirgantara Indonesia juga mengembangkan produk pada kategori *Rotary Wing*, yaitu helikopter. Kategori ini mencakup berbagai jenis helikopter yang dirancang untuk memenuhi beragam kebutuhan operasional, baik di sektor sipil maupun militer. Berikut merupakan jenis-jenis helikopter yang diproduksi oleh PT. Dirgantara Indonesia.

1. AS550

AS550 merupakan helikopter yang dirancang untuk mendukung berbagai operasi militer. Helikopter ini dilengkapi dengan sistem rotor yang mampu mengurangi tingkat kebisingan selama penerbangan serta memberikan performa yang baik pada kecepatan tinggi. Selain memiliki kemampuan manuver yang andal, AS550 juga dirancang agar mudah dioperasikan dan dipelihara, sehingga tetap dapat berfungsi secara optimal meskipun digunakan pada lingkungan dengan kondisi yang berat atau ekstrem.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 23 Helikopter AS550

2. AS565 MBe

AS565 MBe merupakan helikopter multiguna yang dirancang untuk mendukung berbagai jenis operasi, baik di wilayah laut, amfibi, maupun darat. Helikopter ini memiliki kemampuan terbang yang andal dalam berbagai kondisi lingkungan, termasuk operasi pada siang dan malam hari serta cuaca yang menantang. Fleksibilitas tersebut menjadikan AS565 MBe mampu menjalankan beragam misi, seperti *Anti-Submarine Warfare* (ASW), *Anti-Surface Warfare* (ASuW), pengintaian bersenjata (*armed scout/light attack*), operasi khusus, patroli dan pengamanan maritim, *Search and Rescue* (SAR), serta berbagai misi operasional lainnya.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 24 Helikopter AS565 MBe

3. Super Puma

Super Puma merupakan helikopter yang dapat digunakan untuk kebutuhan sipil maupun militer. Helikopter ini dilengkapi dengan sistem avionik modern berupa *Glass Cockpit*, serta didukung oleh teknologi *Altitude Heading and*

Reference System (AHRS) dan *Flight Management System* (FMS) untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional. Dengan kemampuan terbang yang andal, kecepatan tinggi, serta jangkauan yang luas, Super Puma memiliki kapasitas angkut yang besar sehingga sesuai untuk mendukung berbagai misi, termasuk pengangkutan logistik dan operasi bantuan kemanusiaan.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 25 Helikopter Super Puma

4. Bell 412EP

Bell 412EP merupakan helikopter kelas menengah yang menggunakan sistem rotor utama empat bilah (*4-blade rotor*). Desain rotor tersebut memberikan performa penerbangan yang stabil, memungkinkan helikopter mencapai kecepatan tinggi dengan tingkat kebisingan yang relatif rendah. Bell 412EP telah memenuhi standar sertifikasi FAA-FAR Part 29 untuk kategori helikopter transportasi (*Transport Category Rotorcraft*), sehingga dapat dioperasikan pada siang maupun malam hari, termasuk dalam kondisi jarak pandang yang terbatas. Dengan kecepatan jelajah sekitar 130 knot dan jangkauan hingga 402 *nautical miles* (NM), helikopter ini menjadi pilihan yang efisien untuk berbagai kebutuhan transportasi udara.



Sumber : (indonesian-aerospace.com)

Gambar IV. 26 Helikopter Bell 412EP

IV.2 Pengolahan Data

Setelah seluruh data penelitian berhasil dikumpulkan, tahapan berikutnya adalah melakukan pengolahan data secara sistematis agar data yang diperoleh dapat dianalisis sesuai dengan tujuan penelitian. Proses pengolahan data diawali dengan mengidentifikasi alur proses produksi untuk memperoleh pemahaman terhadap setiap tahapan kegiatan yang berlangsung dari awal hingga akhir proses produksi. Selanjutnya, dilakukan identifikasi kegagalan proses yang ditemukan di lapangan serta rekapitulasi data menggunakan *checksheet*. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan diagram Pareto untuk menentukan jenis *defect* yang paling dominan, dilanjutkan dengan *C Control Chart* untuk mengevaluasi kestabilan proses produksi. Setelah jenis *defect* prioritas berhasil ditentukan, dilakukan analisis menggunakan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi berbagai faktor penyebab yang berpotensi menimbulkan *defect* berdasarkan aspek *man*, *machine*, *methode* dan *material*.

Tahap berikutnya adalah melakukan analisis potensi kegagalan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Pada tahap ini dilakukan penilaian terhadap setiap potensi kegagalan berdasarkan nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) sebagai dasar dalam menentukan prioritas perbaikan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, disusun usulan tindakan perbaikan menggunakan pendekatan 5W1H sehingga rekomendasi yang dihasilkan dapat diterapkan secara efektif dalam upaya mengurangi potensi terjadinya *defect*.

Seluruh tahapan pengolahan data tersebut dilaksanakan secara berurutan dan saling terintegrasi agar hasil analisis yang diperoleh mampu menjawab rumusan masalah serta mencapai tujuan penelitian.

IV.2.1 Identifikasi Kegagalan Proses *Fuselage* NC212

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mengidentifikasi jenis-jenis kegagalan yang terjadi pada proses perakitan *Fuselage* NC212 di PT Dirgantara Indonesia. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik yang muncul selama proses produksi serta frekuensi kejadiannya sebagai dasar dalam mengevaluasi kualitas proses produksi. Data yang digunakan merupakan data aktual hasil pencatatan inspeksi kualitas yang diproduksi selama periode Januari hingga Desember 2025. Berikut merupakan data kegagalan proses pada proses perakitan *fuselage* NC212 periode tahun 2025 :

Tabel IV. 1 Data Kegagalan Proses Perakitan *Fuselage* NC212 Periode 2025

Process	Defect	Month												Total
		Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Drilling	Incorrect Hole	2	2	3	1	2	6	2	2	8	2	9	3	42
Positioning Skin	Edge Margin	1	3	1	1	3	2	1	1	3	1	3	7	27
Positioning Frame	Missmatch	1	2	1	1	2	8	1	1	1	2	2	1	23
Riveting	GAP	1	0	1	0	1	2	1	0	2	1	2	5	16
Riveting	Crack	0	2	0	1	1	2	1	1	0	0	3	0	11
Positioning Frame	Interference	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	2	2	7
Riveting	Buckling	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	3
Riveting	Rivet Too Long	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
Drilling	Plug Rivet	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
Total		5	9	6	4	10	23	7	6	14	7	22	19	132

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan hasil pengumpulan data, terdapat 9 jenis *defect* akibat dari kegagalan proses yang teridentifikasi, yaitu *Incorrect Hole* yang terjadi pada proses *drilling*, *Edge Margin* pada proses *positioning skin*, *Missmatch* pada proses *positioning frame*, *Gap* pada proses *riveting*, *Crack* pada proses *riveting*, *Interference* pada proses *positioning frame*, *Buckling* pada proses *riveting*, *Rivet Too Long* pada proses *riveting*, dan *Plug Rivet* pada proses *drilling*. Rekapitulasi data menunjukkan bahwa selama periode pengamatan ditemukan 132 *defect*, dengan rincian *Incorrect Hole* sebanyak 42 *defect*, *Edge Margin* 27 *defect*, *Missmatch* 23 *defect*, *Gap* 16 *defect*, *Crack* 11 *defect*, *Interference* 7 *defect*, *Buckling* 3 *defect*, *Rivet Too Long* 2 *defect*, dan *Plug Rivet* 1 *defect*. Data pada Tabel IV.1 digunakan sebagai dasar untuk melakukan analisis menggunakan Diagram *Pareto* guna menentukan *defect* yang paling dominan.

IV.2.2 Jenis Kegagalan Proses Pada Perakitan *Fuselage* NC212

Pada proses perakitan *Fuselage* NC212 di PT Dirgantara Indonesia, masih ditemukan beberapa jenis kegagalan yang berpotensi memengaruhi kualitas produk. Kegagalan tersebut diidentifikasi berdasarkan hasil inspeksi selama proses produksi dan menjadi objek analisis dalam penelitian ini. Adapun jenis-jenis *defect* dari kegagalan proses yang terjadi pada saat proses perakitan *Fuselage* NC212 adalah sebagai berikut.

1. *Incorrect Hole*

Incorrect Hole merupakan *defect* yang terjadi ketika lubang hasil pengeboran tidak sesuai dengan ukuran, posisi, atau arah pada gambar teknik. *Defect* ini terjadi pada proses *drilling* dan disebabkan oleh kesalahan penentuan titik pengeboran, penggunaan mata bor yang tidak sesuai atau aus, pergeseran jig, serta kurang kuatnya penjepitan komponen.

2. *Edge Margin*

Edge Margin merupakan *defect* ketika jarak antara lubang dan tepi material tidak memenuhi batas minimum yang ditentukan. *Defect* ini terjadi pada proses *positioning skin* akibat kesalahan *positioning*, penandaan titik pengeboran, pembacaan *drawing*, atau pengeboran yang terlalu dekat dengan tepi material.

3. *Missmatch*

Mismatch merupakan ketidaksesuaian posisi antara dua komponen sehingga lubang atau permukaan sambungan tidak sejajar. *Defect* ini terjadi pada proses *positioning* akibat pemasangan komponen yang kurang presisi, penggunaan *jig* yang kurang akurat, pemasangan *cleco* yang tidak merata, atau perbedaan dimensi komponen.

4. *GAP*

Gap merupakan *defect* berupa celah di antara dua komponen yang seharusnya terpasang rapat. *Defect* ini terjadi pada proses *riveting* akibat posisi komponen yang belum sempurna, pemasangan *cleco* yang kurang tepat, serta perbedaan dimensi komponen.

5. *Crack*

Crack merupakan *defect* berupa retakan pada permukaan atau struktur *fuselage*. *Defect* ini terjadi pada proses *drilling*, *deburring*, dan *riveting* akibat

penggunaan mata bor yang aus, *deburring* yang tidak sempurna, tekanan *riveting* yang berlebihan, atau kondisi *material*.

6. *Interference*

Interference merupakan *defect* ketika suatu komponen bersinggungan dengan komponen lain sehingga pemasangan tidak sesuai desain. *Defect* ini terjadi pada proses *positioning* akibat kesalahan posisi pemasangan, ketidaksesuaian dimensi komponen, penggunaan *jig* yang kurang presisi, atau ketidaksesuaian dengan *drawing*.

7. *Buckling*

Buckling merupakan *defect* berupa tekukan atau gelombang pada material akibat beban tekan yang berlebihan. *Defect* ini terjadi pada proses *riveting* akibat tekanan *riveting* yang terlalu besar, urutan *riveting* yang tidak sesuai, atau distribusi beban yang tidak merata.

8. *Rivet Too Long*

Rivet Too Long merupakan *defect* akibat penggunaan *rivet* yang melebihi panjang standar sehingga menghasilkan *shop head* yang tidak sesuai. *Defect* ini terjadi pada proses *riveting* akibat kesalahan pemilihan ukuran *rivet* serta perhitungan ketebalan material yang kurang tepat.

9. *Plug Rivet*

Plug Rivet merupakan kondisi ketika lubang yang tidak sesuai spesifikasi ditutup menggunakan *rivet* sebagai bagian dari proses repair setelah *inspection rivet*. Kondisi ini umumnya terjadi akibat proses *drilling* dan dilakukan sesuai prosedur perbaikan yang telah disetujui agar struktur tetap memenuhi standar.

IV.2.3 Identifikasi *Defect* Dominan Menggunakan Diagram *Pareto*

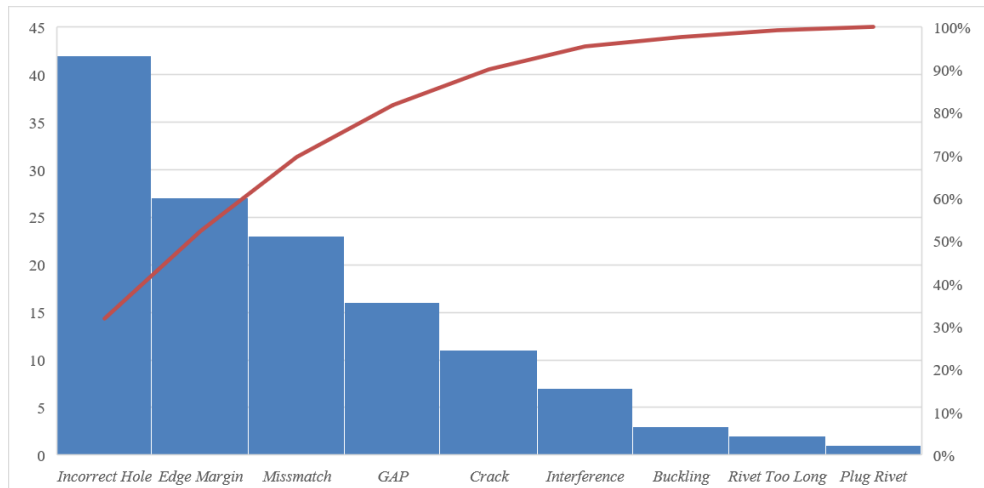
Setelah data *defect* diperoleh dari hasil pengamatan selama proses produksi, tahapan selanjutnya adalah mengidentifikasi jenis *defect* yang paling dominan menggunakan diagram *Pareto*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui jenis *defect* yang memiliki frekuensi kejadian tertinggi sehingga dapat ditentukan sebagai prioritas dalam upaya pengendalian dan perbaikan kualitas produk. Diagram *Pareto* disusun berdasarkan frekuensi kemunculan setiap jenis *defect* yang diurutkan dari

jumlah terbesar hingga terkecil. Berikut merupakan data *defect fuselage* NC212 periode tahun 2025 hasil analisis menggunakan diagram Pareto :

Tabel IV. 2 Persentase Jenis *Defect Fuselage* NC212

No	Jenis <i>Defect</i>	Frekuensi	Persentase (%)	Persentase Kumulatif (%)
1	<i>Incorrect Hole</i>	42	31,82%	31,82%
2	<i>Edge Margin</i>	27	20,45%	52,27%
3	<i>Missmatch</i>	23	17,42%	69,70%
4	<i>GAP</i>	16	12,12%	81,82%
5	<i>Crack</i>	11	8,33%	90,15%
6	<i>Interference</i>	7	5,30%	95,45%
7	<i>Buckling</i>	3	2,27%	97,73%
8	<i>Rivet Too Long</i>	2	1,52%	99,24%
9	<i>Plug Rivet</i>	1	0,76%	100,00%
Total		132	100,00%	

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar IV. 27 Digram *Pareto*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *Pareto* diketahui bahwa terdapat beberapa jenis *defect* yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total *defect* pada proses produksi *fuselage* NC212. Diagram *Pareto* digunakan untuk mengidentifikasi jenis *defect* yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total kecacatan pada proses perakitan *fuselage* pesawat NC212. Sesuai dengan prinsip *Pareto*, jenis-jenis *defect* tersebut menjadi prioritas dalam upaya pengendalian kualitas karena memberikan kontribusi dominan terhadap keseluruhan *defect* yang terjadi. Namun, pada penelitian ini pembahasan difokuskan pada satu jenis *defect*, yaitu *Incorrect Hole* yang terjadi pada proses *drilling*. Pemilihan *defect* tersebut

didasarkan pada target perusahaan. Dengan memfokuskan analisis pada *defect* yang paling dominan, diharapkan penyebab utama permasalahan dapat diidentifikasi secara lebih mendalam dan usulan perbaikan yang dihasilkan dapat memberikan dampak yang lebih signifikan terhadap peningkatan kualitas proses produksi.

IV.2.4 Analisis Kestabilan Proses Menggunakan C Control Chart

Setelah jenis *defect* yang menjadi prioritas berhasil diidentifikasi melalui Diagram *Pareto*, tahap selanjutnya adalah menganalisis kestabilan proses produksi menggunakan *C Control Chart*. Penggunaan *C Control Chart* pada penelitian ini didasarkan pada karakteristik data yang digunakan, yaitu berupa jumlah *defect* yang ditemukan pada satu unit *fuselage* pesawat NC212 selama proses perakitan. Apabila terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, maka kondisi tersebut menunjukkan adanya variasi yang berasal dari penyebab khusus (*assignable cause*) yang dapat memengaruhi kestabilan proses. Titik pengamatan yang berada dalam kondisi *out of control* selanjutnya dieliminasi dari perhitungan, kemudian dilakukan perhitungan ulang batas kendali secara bertahap hingga diperoleh kondisi proses yang terkendali secara statistik (*in control*).

Penelitian ini hanya berfokus pada satu unit pesawat sehingga ukuran unit inspeksi yang diamati bersifat konstan (tetap). Oleh karena itu, *C Control Chart* dipilih karena sesuai untuk menganalisis data atribut berupa jumlah *defect* pada unit inspeksi yang memiliki ukuran sampel tetap. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah proses perakitan *fuselage* NC212 berada dalam kondisi terkendali secara statistik atau masih dipengaruhi oleh penyebab khusus (*assignable cause*) yang menyebabkan variasi proses. Berikut merupakan tahapan perhitungan *C Control Chart* pada proses perakitan *fuselage* NC212 dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

- $CL = \frac{\sum c_i}{n}$
- $UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$
- $LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$

IV.2.4.1 Penyusunan C Control Chart Iterasi 1

Pada iterasi pertama, dilakukan perhitungan jumlah *defect* pada setiap periode pengamatan berdasarkan data hasil inspeksi proses perakitan *Fuselage* NC212 selama periode Januari hingga Desember 2025. Perhitungan tersebut digunakan untuk menentukan nilai *Central Line* (CL), *Upper Control Limit* (UCL), dan *Lower Control Limit* (LCL). Hasil perhitungan peta kendali C pada iterasi pertama disajikan pada tabel berikut :

Tabel IV. 3 Perhitungan C Control Chart Iterasi 1

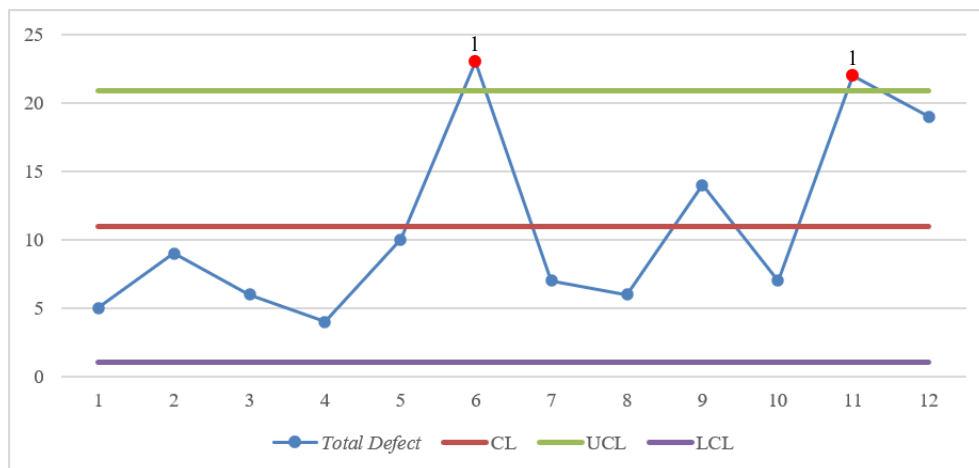
Defect	Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	
Total Defect	5	9	6	4	10	23	7	6	14	7	22	19	132
CL	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	
UCL	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	20,95	
LCL	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Langkah perhitungan yang dilakukan pada tabel diatas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \text{CL} &= \frac{\sum c_i}{n} \\
 &= \frac{132}{12} \\
 &= 11 \\
 - \text{UCL} &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\
 &= 11 + 3\sqrt{11} \\
 &= 20,95 \\
 - \text{LCL} &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \\
 &= 11 - 3\sqrt{11} \\
 &= 1,05
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk C Control Chart selanjutnya yaitu membuat grafik C Control Chart iterasi 1. Berikut merupakan grafik C Control Chart untuk *fuselage* NC212 pada iterasi 1 :



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar IV. 28 Grafik C Control Chart iterasi 1

Berdasarkan hasil analisis Berdasarkan hasil analisis C Control Chart iterasi 1 yang disusun terdapat 2 titik yang berada diluar batas kendali. Hal tersebut menunjukkan kondisi yang belum sepenuhnya terkendali secara statistik karena terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas. Oleh karena itu, proses analisis dilanjutkan ke iterasi 2.

IV.2.4.2 Penyusunan C Control Chart Iterasi 2

Pada iterasi kedua, C Control Chart dihitung kembali dengan menggunakan data setelah dilakukan eliminasi terhadap titik pengamatan yang berada di luar batas kendali pada iterasi sebelumnya. Hasil perhitungan C Control Chart pada iterasi kedua disajikan pada tabel berikut :

Tabel IV. 4 Perhitungan C Control Chart Iterasi 2

Defect	Month										Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jul	Aug	Sep	Oct	Dec	
Total Defect	5	9	6	4	10	7	6	14	7	19	87
CL	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	8,70	
UCL	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	17,55	
LCL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

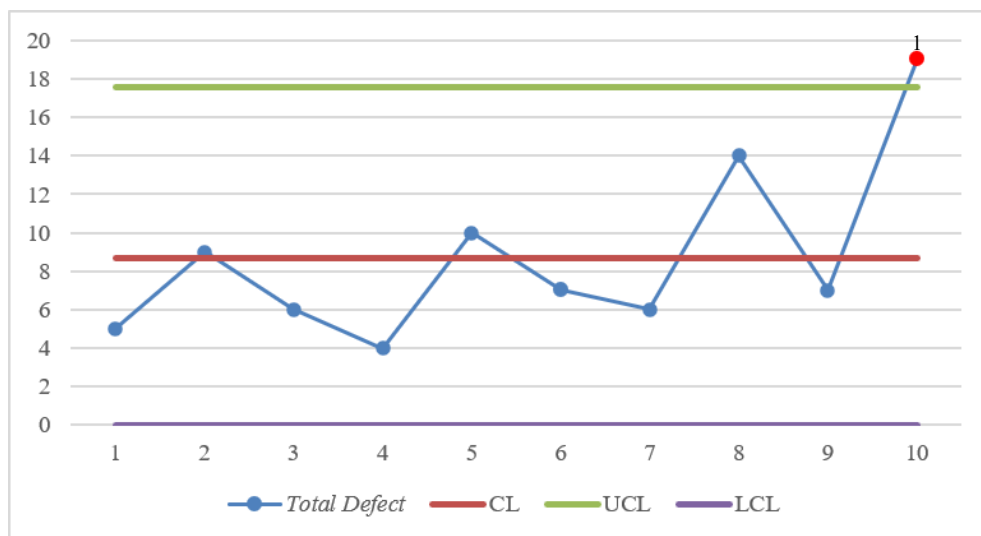
(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Langkah perhitungan yang dilakukan pada tabel diatas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \text{CL} &= \frac{\sum c_i}{n} \\
 &= \frac{87}{10} \\
 &= 8,70
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{UCL} &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\
 &= 8,70 + 3\sqrt{8,70} \\
 &= 17,55 \\
 - \text{LCL} &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \\
 &= 8,70 - 3\sqrt{8,70} \\
 &= -0,15 \rightarrow 0
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk *C Control Chart* selanjutnya yaitu membuat grafik *C Control Chart* iterasi 2. Berikut merupakan grafik *C Control Chart* untuk *fuselage* NC212 pada iterasi 2 :



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar IV. 29 Grafik *C Control Chart* iterasi 2

Berdasarkan hasil analisis Berdasarkan hasil analisis *C Control Chart* iterasi 2 yang disusun terdapat 1 titik yang berada diluar batas kendali. Hal tersebut menunjukkan kondisi yang belum sepenuhnya terkendali secara statistik karena terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali atas. Oleh karena itu, proses analisis dilanjutkan ke iterasi 3.

IV.2.4.3 Penyusunan *C Control Chart* Iterasi 3

Pada iterasi ketiga, *C Control Chart* dihitung kembali dengan menggunakan data setelah dilakukan eliminasi terhadap titik pengamatan yang berada di luar batas kendali pada iterasi sebelumnya. Hasil perhitungan *C Control Chart* pada iterasi ketiga disajikan pada tabel berikut :

Tabel IV. 5 Perhitungan C Control Chart Iterasi 3

Defect	Month									Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jul	Aug	Sep	Oct	
Total Defect	5	9	6	4	10	7	6	14	7	68
CL	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	7,56	
UCL	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	15,80	
LCL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

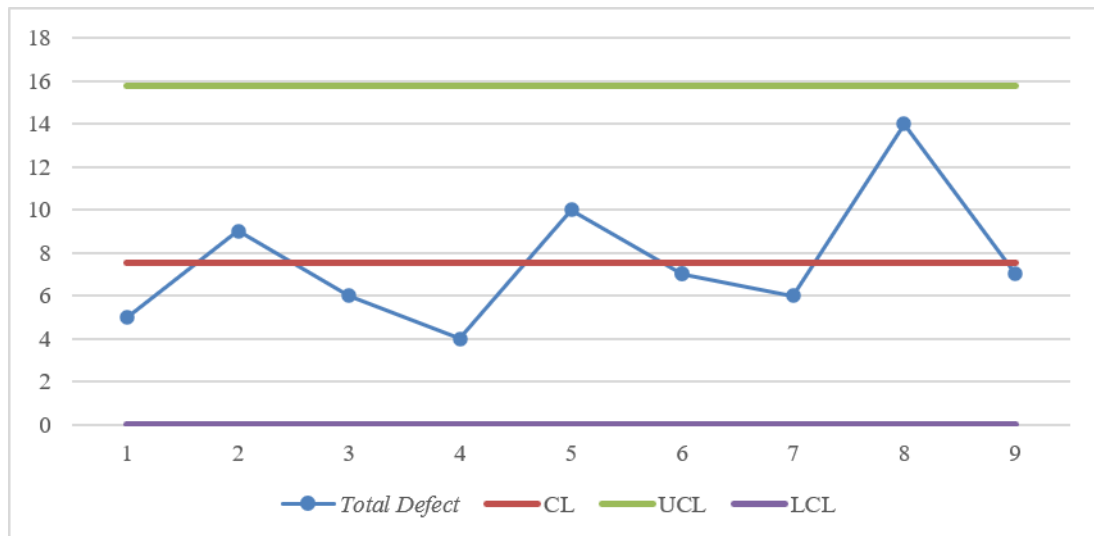
Langkah perhitungan yang dilakukan pada tabel diatas adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \text{CL} &= \frac{\sum c_i}{n} \\
 &= \frac{68}{9} \\
 &= 7,56
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{UCL} &= \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} \\
 &= 7,56 + 3\sqrt{7,56} \\
 &= 15,80
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{LCL} &= \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} \\
 &= 7,56 - 3\sqrt{7,56} \\
 &= -0,69 \rightarrow 0
 \end{aligned}$$

Setelah melakukan perhitungan untuk C Control Chart selanjutnya yaitu membuat grafik C Control Chart iterasi 3. Berikut merupakan grafik C Control Chart untuk fuselage NC212 pada iterasi 3 :



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

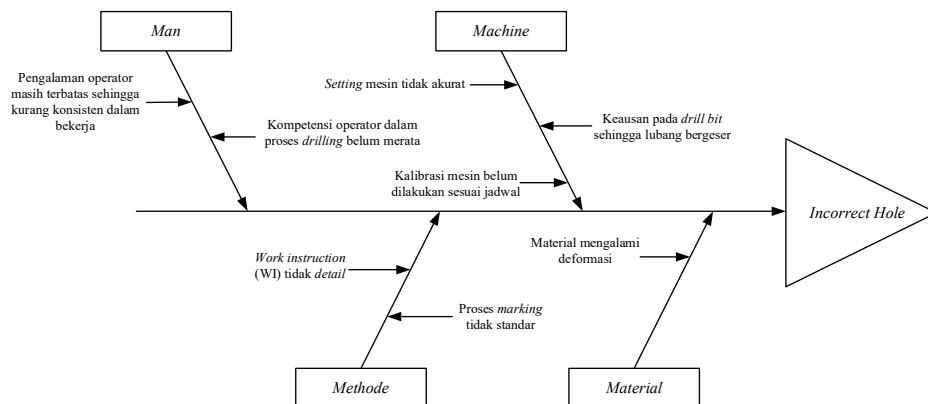
Gambar IV. 30 Grafik C Control Chart iterasi 3

Berdasarkan grafik *C Control Chart* pada iterasi 3, seluruh titik pengamatan berada di antara UCL dan LCL. Tidak terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, sehingga dapat disimpulkan bahwa proses telah berada dalam kondisi terkendali secara statistik (*in control*). Oleh karena itu, tidak diperlukan eliminasi data lebih lanjut dan hasil pada iterasi 3 digunakan sebagai batas kendali akhir dalam analisis *C Control Chart* dan analisis dapat dilanjutkan ke tahap identifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya *defect* pada *Fuselage* NC212 dengan menggunakan *fishbone diagram*.

IV.2.5 Analisis Akar Penyebab Kegagalan Proses Menggunakan *Fishbone* Diagram

Setelah dilakukan analisis menggunakan *C Control Chart* dan diketahui bahwa proses produksi masih menunjukkan adanya titik pengamatan yang berada di luar batas kendali statistik, maka diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan pada proses produksi. Pada penelitian ini, identifikasi akar penyebab dilakukan menggunakan Diagram *Fishbone* untuk mengetahui berbagai faktor yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada proses *drilling* yang mengakibatkan terjadinya *defect Incorrect Hole*.

Diagram *Fishbone* mengelompokkan penyebab kegagalan ke dalam empat kategori utama, yaitu *man* (manusia), *machine* (mesin), *method* (metode), dan *material*. Analisis ini digunakan untuk mengetahui faktor-faktor yang berkontribusi terhadap kegagalan proses *drilling* sehingga dapat menjadi dasar dalam penentuan prioritas perbaikan. Berikut merupakan Analisa menggunakan diagram *fishbone* :



(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Gambar IV. 31 *Fishbone Diagram Incorrect Hole*

Berdasarkan hasil analisis menggunakan Diagram *Fishbone*, diketahui bahwa kegagalan pada proses *drilling* yang menyebabkan terjadinya *Incorrect Hole* berasal dari 4 faktor utama, yaitu sebagai berikut :

1. Faktor *Man* (Manusia)

- Kompetensi operator dalam proses *drilling* belum merata.
- Pengalaman operator yang masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam melakukan proses kerja.

2. Faktor *Machine* (Mesin)

- *Setting* mesin yang tidak akurat sehingga memengaruhi ketepatan posisi pengeboran.
- Keausan pada *drill bit* sehingga menyebabkan posisi lubang bergeser dari titik yang telah ditentukan
- Kalibrasi mesin belum dilakukan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

3. Faktor *Method* (Metode)

- Proses *marking* tidak dilakukan sesuai dengan prosedur atau standar yang berlaku.
- *Work Instruction* (WI) belum diterapkan secara konsisten oleh operator selama proses produksi.

4. Faktor *Material*

Part mengalami perubahan bentuk (*deform/warping*) sehingga memengaruhi ketepatan posisi lubang yang akan dibuat.

IV.2.6 Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

IV.2.6.1 Menentukan Tabel SOD

Setelah penyebab kegagalan pada proses *drilling* berhasil diidentifikasi melalui Diagram *Fishbone*, tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Metode ini digunakan untuk mengevaluasi setiap potensi kegagalan yang telah diidentifikasi serta menentukan tingkat prioritas penanganannya. FMEA memberikan pendekatan yang sistematis dalam menilai tingkat risiko suatu kegagalan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *Severity* (S) yang menggambarkan tingkat keparahan

dampak kegagalan, *Occurrence* (O) yang menunjukkan kemungkinan terjadinya kegagalan, dan *Detection* (D) yang menggambarkan kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak pada produk.

Penyusunan analisis FMEA pada penelitian ini mengacu pada hasil identifikasi akar penyebab yang diperoleh dari diagram *fishbone*. Setiap faktor penyebab yang telah teridentifikasi selanjutnya dianalisis sebagai *potential cause* dari *failure mode* yang dapat menimbulkan *defect* pada proses produksi *fuselage* pesawat NC212.

Hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) disajikan dalam bentuk tabel yang memuat penilaian terhadap setiap parameter, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D). Nilai dari ketiga parameter tersebut kemudian dikalikan untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN) yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan urutan prioritas perbaikan. Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula tingkat risiko dari suatu potensi kegagalan sehingga memerlukan penanganan yang lebih diprioritaskan. Penilaian terhadap parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dalam penelitian ini disusun berdasarkan kondisi aktual proses produksi di PT Dirgantara Indonesia serta ditetapkan melalui hasil observasi, wawancara, diskusi, dan validasi bersama pihak *Quality Control* (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan yang memahami proses perakitan *fuselage* pesawat NC212. Adapun kriteria penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. *Severity*

Penilaian *Severity* dilakukan menggunakan skala 1 sampai dengan 10, di mana nilai yang semakin tinggi menunjukkan tingkat keparahan dampak kegagalan yang semakin besar. Nilai 1 menggambarkan kegagalan yang tidak menimbulkan dampak berarti, sedangkan nilai 10 menunjukkan kegagalan dengan konsekuensi yang sangat serius dan signifikan.

Tabel IV. 6 Kriteria Penilaian *Severity* untuk Proses *Drilling*

Tingkat <i>Severity</i>	Kriteria	Nilai
Sangat tinggi	Kegagalan berdampak sangat serius terhadap kualitas produk dan memerlukan rework besar atau penggantian komponen	9-10
Tinggi	Kegagalan memberikan dampak signifikan terhadap kualitas produk dan memerlukan perbaikan	7-8
Sedang	Kegagalan cukup memengaruhi kualitas produk namun masih dapat diperbaiki	5-6
Rendah	Kegagalan memberikan dampak kecil terhadap kualitas produk dan mudah diperbaiki	3-4
Sangat rendah	Kegagalan tidak memberikan dampak berarti terhadap kualitas produk	1-2

(Sumber : Hasil Analisis Peneliti)

b. *Occurrence*

Penilaian *Occurrence* dilakukan menggunakan skala 1 sampai dengan 10. Nilai 1 menunjukkan bahwa potensi kegagalan memiliki kemungkinan yang sangat kecil untuk terjadi, sedangkan nilai 10 menunjukkan bahwa kegagalan memiliki kemungkinan yang sangat tinggi atau hampir pasti terjadi.

Tabel IV. 7 Kriteria Penilaian *Occurrence* untuk Proses *Drilling*

Tingkat <i>Occurrence</i>	Kriteria	Skala	Nilai
Sangat tinggi	Potensi kegagalan sangat sering atau hampir selalu terjadi	>16	9-10
Tinggi	Potensi kegagalan sering terjadi	12-16	7-8
Sedang	Potensi kegagalan terjadi sesekali	8-12	5-6
Rendah	Potensi kegagalan jarang terjadi	4-8	3-4
Sangat rendah	Potensi kegagalan hampir tidak pernah terjadi	0-4	1-2

(Sumber : Hasil Analisis Peneliti)

c. *Detection*

Penilaian *Detection* dilakukan menggunakan skala 1 sampai dengan 10. Nilai 1 menunjukkan bahwa sistem pengendalian memiliki kemampuan yang sangat tinggi dalam mendeteksi potensi kegagalan, sedangkan nilai 10 menunjukkan bahwa potensi kegagalan sangat sulit atau hampir tidak mungkin terdeteksi oleh sistem pengendalian.

Tabel IV. 8 Kriteria Penilaian *Detection* untuk Proses *Drilling*

Tingkat <i>Detection</i>	Kriteria	Nilai
Sangat Rendah	Sistem pengendalian sangat sulit mendeteksi kegagalan	9-10
Rendah	Sistem pengendalian sulit mendeteksi kegagalan	7-8
Sedang	Sistem pengendalian memiliki kemampuan deteksi yang cukup	5-6
Tinggi	Sistem pengendalian mudah mendeteksi kegagalan	3-4
Sangat Tinggi	Sistem pengendalian hampir selalu dapat mendeteksi atau mencegah kegagalan	1-2

(Sumber : Hasil Analisis Peneliti)

IV.2.6.2 Perhitungan *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah dilakukan penilaian terhadap parameter *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap potensi kegagalan pada proses *drilling* yang telah diidentifikasi. Nilai RPN diperoleh dari hasil perkalian ketiga parameter tersebut dengan menggunakan persamaan $RPN = S \times O \times D$. Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko setiap potensi kegagalan sekaligus menentukan urutan prioritas perbaikan. Semakin tinggi nilai RPN yang diperoleh, semakin tinggi pula tingkat risiko kegagalan yang berpotensi menyebabkan *defect*, sehingga diperlukan penanganan yang lebih diprioritaskan. Hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk setiap potensi kegagalan pada proses *drilling* yang menyebabkan *defect Incorrect Hole* disajikan sebagai berikut :

Tabel IV. 9 Hasil Perhitungan dan Prioritas RPN Pada Proses *Drilling*

Proses	Mode Kegagalan	Efek Ketidaksesuaian	S	Potensi Kegagalan	O	Kontrol	D	RPN
<i>Drilling</i>	Posisi <i>hole</i> berada di luar batas toleransi (<i>misalignment</i>)	<i>Incorrect Hole</i>	8	<i>Machine</i>	- Setting mesin tidak akurat - Keausan pada <i>drill bit</i> sehingga lubang bergeser - Kalibrasi mesin belum dilakukan sesuai jadwal	- Setting mesin sesuai dengan parameter standard - Preventive maintenance - Kalibrasi mesin berkala	5	200
				<i>Man</i>	- Kompetensi operator dalam proses <i>drilling</i> belum merata - Pengalaman operator masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam bekerja	- Training teknis <i>marking</i> , <i>drilling</i> , dan pembacaan <i>drawing</i> - Refreshment training secara berkala	6	288
				<i>Methode</i>	- Proses <i>marking</i> tidak standar - Work instruction (WI) tidak detail	- Review SOP - Review WI	6	240
				<i>Material</i>	Material mengalami deformasi	Pemeriksaan kerataan (<i>flatness</i>)	5	160

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

Perhitungan:

1. Faktor *Machine*

$$RPN = S \times O \times D$$

$$RPN = 8 \times 5 \times 5 = 200$$

2. Faktor *Man*

$$RPN = S \times O \times D$$

$$RPN = 8 \times 6 \times 6 = 288$$

3. Faktor *Method*

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

$$\text{RPN} = 8 \times 5 \times 6 = 240$$

4. Faktor *Material*

$$\text{RPN} = \text{S} \times \text{O} \times \text{D}$$

$$\text{RPN} = 8 \times 4 \times 5 = 160$$

Pada Tabel IV.9 terlihat bahwa nilai *Severity* (S) ditetapkan sama, yaitu sebesar 8 untuk seluruh faktor penyebab kegagalan. Hal tersebut dikarenakan seluruh faktor penyebab yang dianalisis, yaitu *machine*, *man*, *method*, dan *material*, menghasilkan mode kegagalan yang sama, yaitu posisi *hole* berada di luar batas toleransi (*misalignment*) dengan efek ketidaksesuaian berupa *defect Incorrect Hole*. Dengan demikian, tingkat keparahan (*severity*) yang ditimbulkan terhadap kualitas produk dinilai sama. Perbedaan tingkat risiko pada setiap faktor penyebab ditentukan oleh nilai *Occurrence* (O) dan *Detection* (D) yang diperoleh berdasarkan hasil observasi, wawancara, serta diskusi dengan pihak Quality Control (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan PT Dirgantara Indonesia mengenai frekuensi terjadinya kegagalan serta kemampuan sistem pengendalian dalam mendeteksi potensi kegagalan.

Berdasarkan hasil penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) yang telah ditetapkan melalui observasi, wawancara, serta diskusi dengan pihak *Quality Control* (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan PT Dirgantara Indonesia, diperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) untuk masing-masing faktor penyebab kegagalan. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa faktor *man* memiliki nilai RPN tertinggi sebesar 288, diikuti oleh faktor *method* sebesar 240, faktor *machine* sebesar 200, dan faktor *material* sebesar 160.

Berdasarkan urutan nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh, faktor *man* dan *method* ditetapkan sebagai prioritas utama dalam penyusunan usulan perbaikan setelah dilakukan evaluasi bersama pihak *Quality Control* (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan PT Dirgantara Indonesia. Tingginya nilai RPN pada faktor *man* menunjukkan bahwa aspek sumber daya manusia merupakan penyebab kegagalan yang paling dominan pada proses *drilling* yang mengakibatkan terjadinya *defect Incorrect Hole*. Kondisi tersebut dipengaruhi oleh

beberapa faktor, antara lain kurangnya ketelitian operator saat proses pengeboran, kesalahan dalam penentuan titik pengeboran, serta belum optimalnya kepatuhan terhadap prosedur kerja yang telah ditetapkan. Sementara itu, faktor *method* memiliki nilai RPN tertinggi kedua, yang menunjukkan bahwa metode kerja juga memberikan kontribusi yang signifikan terhadap terjadinya *defect*. Oleh karena itu, kedua faktor tersebut dijadikan fokus utama dalam penyusunan usulan perbaikan pada tahap selanjutnya.

IV.2.7 Usulan Perbaikan Berdasarkan Hasil Analisis FMEA

IV.2.7.1 Identifikasi Rancangan Perbaikan

Penyusunan usulan perbaikan dilakukan dengan berfokus pada penyebab utama yang memberikan kontribusi risiko paling besar terhadap munculnya kegagalan dalam proses produksi. Penentuan penyebab utama tersebut didasarkan pada hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), khususnya terhadap penyebab kegagalan yang memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Dengan demikian, tindakan perbaikan dapat diarahkan pada faktor-faktor yang memiliki tingkat risiko paling tinggi sehingga diharapkan mampu mengurangi potensi terjadinya kegagalan proses secara lebih efektif.

Selanjutnya, alternatif perbaikan disusun berdasarkan urutan prioritas yang telah ditetapkan melalui nilai *Risk Priority Number* (RPN). Penyusunan usulan perbaikan dilakukan berdasarkan hasil diskusi dan koordinasi dengan pihak *Quality Control* (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan PT Dirgantara Indonesia, sehingga rekomendasi yang dihasilkan sesuai dengan kondisi aktual proses produksi serta memungkinkan untuk diterapkan. Rancangan perbaikan difokuskan pada penyebab kegagalan yang memiliki nilai RPN tertinggi dengan tujuan mengurangi potensi terjadinya *defect*, meningkatkan kualitas proses perakitan, serta meminimalkan kemungkinan terulangnya kegagalan proses pada produksi berikutnya.

Tabel IV. 10 *Root Cause* Dengan RPN Tertinggi

Proses	Efek Ketidaksesuain	Faktor	<i>Root Cause</i> dengan RPN tertinggi
<i>Drilling</i>	<i>Incorrect Hole</i>	<i>Man</i>	- Kompetensi operator dalam proses <i>drilling</i> belum merata - Pengalaman operator masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam bekerja
		<i>Methode</i>	- Proses <i>marking</i> tidak standar - <i>Work instruction</i> (WI) tidak detail
		<i>Machine</i>	- <i>Setting</i> mesin tidak akurat - Keausan pada <i>drill bit</i> sehingga lubang bergeser - Kalibrasi mesin belum dilakukan sesuai jadwal
		<i>Material</i>	<i>Material</i> mengalami deformasi

(Sumber : Hasil Pengolahan Data)

IV.2.7.2 Penyusunan Rancangan Perbaikan

Setelah dilakukan analisis menggunakan metode FMEA dan diperoleh penyebab dengan nilai RPN tertinggi, langkah berikutnya adalah menyusun usulan perbaikan untuk meminimalkan terjadinya *defect Incorrect Hole* pada proses perakitan *fuselage* NC212. Usulan perbaikan disusun menggunakan pendekatan 5W+1H sehingga setiap tindakan memiliki tujuan, pelaksana, waktu, lokasi, serta metode pelaksanaan yang jelas. Adapun rancangan usulan perbaikan tersebut Adalah sebagai berikut :

Proses	Defect	Faktor	Potensi Kegagalan	What (Apa)	Why (Mengapa)	Where (Di mana)	Who (Siapa)	When (Kapan)	How (Bagaimana)
Drilling	Incorrect Hole	Man	Kompetensi operator dalam proses <i>drilling</i> belum merata	Memberikan pelatihan teknis <i>drilling</i> sesuai standar	Mengurangi <i>human error</i> saat <i>drilling</i>	Area produksi	Supervisor & Operator	Secara berkala	Menyelenggarakan <i>training</i> teknis mengenai <i>drilling</i> , serta evaluasi kompetensi operator.
			Pengalaman operator masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam bekerja	Melakukan <i>refreshment</i> dan <i>sharing knowledge</i> kepada operator baru	Meningkatkan konsistensi kerja			Selama masa adaptasi	Menerapkan sistem <i>mentoring</i> dan <i>refreshment training</i> secara berkala bagi operator
		Methode	Proses <i>marking</i> tidak standar	Menstandarkan proses <i>marking</i>	Mengurangi variasi proses dan memastikan posisi <i>marking</i> sesuai standar	Area produksi	Manager, Supervisor Produksi, dan Operator	Sebelum proses <i>drilling</i>	Menyusun standar proses <i>marking</i> , menggunakan <i>template</i> atau <i>jig</i> sebagai acuan, serta melakukan verifikasi hasil <i>marking</i> sebelum proses <i>drilling</i>
			<i>Work instruction</i> (WI) tidak detail	Memperbarui <i>Work Instruction</i> (WI)	Memberikan panduan kerja yang lebih jelas			Saat evaluasi proses	Menambahkan langkah kerja, gambar, dan <i>checklist</i> proses
		Machine	<i>Setting</i> mesin tidak akurat	Memeriksa <i>setting</i> mesin sebelum produksi	Menjamin akurasi pengeboran	Mesin <i>drilling</i>	Operator & Maintenance	Sebelum produksi	Melakukan verifikasi <i>setting</i> mesin menggunakan <i>jig</i> atau <i>fixture</i>
			Kerusakan pada <i>drill bit</i> sehingga lubang bergeser	Mengganti <i>drill bit</i> yang aus	Mencegah pergeseran posisi lubang			Sesuai jadwal	Melakukan inspeksi dan mengganti <i>drill bit</i> yang tidak layak pakai
			Kalibrasi mesin belum dilakukan sesuai jadwal	Melakukan kalibrasi mesin	Menjaga akurasi mesin			Sesuai jadwal	Melaksanakan kalibrasi sesuai standar yang berlaku
		Material	Material mengalami <i>deformasi</i>	Memeriksa kondisi material sebelum	Mencegah kesalahan posisi lubang akibat deformasi	Area DPM	Quality Control	Sebelum produksi	Melakukan inspeksi dimensi, kerataan (<i>flatness</i>), dan kondisi <i>material</i> sebelum proses

(Sumber : Hasil Analisis Peneliti)

Gambar IV. 32 Usulan Perbaikan 5W+1H

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

V.1 Analisis Hasil Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas pada proses perakitan *fuselage* pesawat NC212 dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual proses produksi serta mengidentifikasi kegagalan proses yang berpotensi menyebabkan terjadinya *defect* pada produk. Dalam penelitian ini, pengendalian kualitas dilaksanakan secara bertahap menggunakan *check sheet*, *Diagram Pareto*, *C Control Chart*, *Fishbone Diagram*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), serta penyusunan usulan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H. *Check sheet*, *Diagram Pareto*, dan *C Control Chart* digunakan untuk mengidentifikasi kondisi kualitas proses, jenis *defect* yang dominan, serta kestabilan proses produksi. Selanjutnya, *Fishbone Diagram* digunakan untuk mengidentifikasi penyebab potensial terjadinya *defect*, sedangkan metode FMEA digunakan untuk menganalisis kegagalan proses yang menjadi penyebab munculnya *defect* serta menentukan prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Hasil analisis tersebut kemudian menjadi dasar dalam penyusunan usulan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H.

Melalui tahapan pengendalian kualitas tersebut, penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk mengetahui jumlah dan jenis *defect* yang terjadi, tetapi juga mengidentifikasi kegagalan proses yang menjadi penyebab utama munculnya *defect* pada proses perakitan *fuselage* NC212. Setiap mode kegagalan dianalisis berdasarkan tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*) untuk menentukan prioritas perbaikan. Selanjutnya, usulan perbaikan disusun berdasarkan penyebab kegagalan proses yang memiliki tingkat risiko tertinggi sehingga diharapkan dapat meminimalkan terjadinya *defect* serta meningkatkan kualitas proses perakitan di PT Dirgantara Indonesia.

V.2 Analisis Identifikasi *Defect Fuselage* NC212

Tahap awal penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi seluruh *defect* yang terjadi pada proses perakitan *fuselage* NC212 menggunakan data inspeksi kualitas periode Januari sampai Desember 2025. Identifikasi ini bertujuan untuk mengetahui

karakteristik *defect* yang muncul selama proses produksi sehingga dapat dijadikan dasar dalam proses pengendalian kualitas. Berdasarkan hasil rekapitulasi data diperoleh 132 *defect* yang terdiri atas sembilan jenis *defect*, yaitu *Incorrect Hole* sebanyak 42 *defect*, *Edge Margin* 27 *defect*, *Mismatch* 23 *defect*, *Gap* 16 *defect*, *Crack* 11 *defect*, *Interference* 7 *defect*, *Buckling* 3 *defect*, *Rivet Too Long* 2 *defect*, dan *Plug Rivet* 1 *defect*.

Data tersebut menunjukkan bahwa variasi *defect* yang terjadi pada proses perakitan *fuselage* cukup beragam. Namun demikian, frekuensi kemunculan setiap *defect* tidak sama sehingga terdapat beberapa jenis *defect* yang memiliki kontribusi lebih besar dibandingkan *defect* lainnya. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses produksi masih mengalami variasi kualitas pada beberapa tahapan pekerjaan, khususnya pada proses yang berkaitan dengan kegiatan *drilling*, *fitting*, dan *assembly*.

Apabila ditinjau berdasarkan distribusi *defect* setiap bulan, jumlah *defect* mengalami fluktuasi selama periode penelitian. Jumlah *defect* terendah terjadi pada bulan Januari sebanyak 4 *defect*, sedangkan jumlah *defect* tertinggi terjadi pada bulan November sebanyak 22 *defect*. Selain itu, pada bulan Juni juga terjadi peningkatan jumlah *defect* menjadi 21 *defect*. Fluktuasi tersebut menunjukkan bahwa kualitas proses produksi belum sepenuhnya konsisten pada setiap periode produksi. Perubahan jumlah *defect* tersebut mengindikasikan adanya variasi proses yang dipengaruhi oleh kondisi *operator*, metode kerja, kesiapan mesin, maupun kondisi *material* yang digunakan selama proses produksi.

Keberadaan sembilan jenis *defect* tersebut menunjukkan bahwa proses produksi masih memerlukan pengendalian kualitas secara berkelanjutan. Namun demikian, perusahaan tidak perlu melakukan perbaikan terhadap seluruh *defect* secara bersamaan. Oleh karena itu, diperlukan metode yang mampu menentukan *defect* mana yang harus menjadi prioritas utama sehingga sumber daya perusahaan dapat digunakan secara lebih efektif. Berdasarkan pertimbangan tersebut, analisis dilanjutkan menggunakan Diagram *Pareto* untuk menentukan *defect* yang memiliki kontribusi terbesar terhadap keseluruhan *defect*.

V.3 Analisis Diagram *Pareto*

Diagram *Pareto* digunakan untuk menentukan prioritas *defect* berdasarkan frekuensi kejadiannya. Prinsip *Pareto* menyatakan bahwa sebagian besar permasalahan umumnya disebabkan oleh sebagian kecil penyebab utama. Oleh karena itu, melalui Diagram *Pareto* perusahaan dapat memfokuskan tindakan perbaikan pada *defect* yang memberikan kontribusi terbesar terhadap keseluruhan *defect* sehingga upaya peningkatan kualitas dapat dilakukan secara lebih efektif.

Hasil analisis menunjukkan bahwa *Incorrect Hole* merupakan *defect* dengan frekuensi kejadian tertinggi, yaitu sebanyak 42 *defect* atau 31,82% dari total 132 *defect* selama periode penelitian. *Defect Incorrect Hole* merupakan ketidaksesuaian yang terjadi pada proses *drilling*. Tingginya jumlah *defect* tersebut mengindikasikan bahwa proses *drilling* memiliki potensi kegagalan proses yang lebih tinggi dibandingkan proses lainnya, sehingga perlu dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya diikuti oleh *Edge Margin* sebanyak 27 *defect* (20,45%), *Mismatch* sebanyak 23 *defect* (17,42%), *Gap* sebanyak 16 *defect* (12,12%), *Crack* sebanyak 11 *defect* (8,33%), *Interference* sebanyak 7 *defect* (5,30%), *Buckling* sebanyak 3 *defect* (2,27%), *Rivet Too Long* sebanyak 2 *defect* (1,52%), dan *Plug Rivet* sebanyak 1 *defect* (0,76%).

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa empat *defect* dengan frekuensi tertinggi, yaitu *Incorrect Hole*, *Edge Margin*, *Mismatch*, dan *Gap*, menghasilkan total 108 *defect* atau sekitar 81,82% dari keseluruhan *defect* yang terjadi. Persentase tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar ketidaksesuaian pada proses perakitan *fuselage* disebabkan oleh empat jenis *defect* utama. Hasil ini sesuai dengan konsep Diagram *Pareto* yang menyatakan bahwa sekitar 80% permasalahan berasal dari sekitar 20% penyebab utama. Oleh karena itu, perusahaan akan memperoleh hasil yang lebih optimal apabila memfokuskan perbaikan pada *defect-defect* tersebut dibandingkan melakukan perbaikan terhadap seluruh jenis *defect* secara bersamaan.

Di antara keempat *defect* tersebut, penelitian ini memfokuskan analisis pada *Incorrect Hole* karena merupakan *defect* dengan frekuensi kejadian paling tinggi serta menjadi prioritas penyelesaian *defect* di PT Dirgantara Indonesia. *Defect Incorrect Hole* terjadi pada proses *drilling*, yaitu proses pembuatan lubang pada komponen *fuselage* sebelum dilakukan pemasangan *rivet* atau *fastener*. Kondisi ini

mengindikasikan bahwa proses *drilling* merupakan tahapan yang paling berpotensi mengalami kegagalan proses dibandingkan proses lainnya. Kegagalan pada proses ini dapat disebabkan oleh ketidaktepatan proses marking, kesalahan penentuan posisi pengeboran, keausan drill bit, ketidaksesuaian parameter mesin, maupun faktor operator sehingga menghasilkan lubang yang tidak sesuai dengan ukuran, posisi, atau arah yang telah ditentukan pada *drawing*.

Selain berdampak terhadap kualitas produk, tingginya jumlah *defect Incorrect Hole* juga berpotensi meningkatkan aktivitas *rework*, *repair*, maupun *scrap* apabila ketidaksesuaian yang terjadi tidak dapat diperbaiki. Akibatnya, perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan, memperpanjang waktu produksi, serta menurunkan efisiensi proses perakitan. Oleh karena itu, penelitian ini memfokuskan analisis pada kegagalan proses *drilling* sebagai penyebab utama munculnya *defect Incorrect Hole*, sehingga tindakan perbaikan yang diusulkan dapat lebih tepat sasaran.

V.4 Analisis C Control Chart

Setelah *defect* prioritas ditentukan melalui Diagram *Pareto*, analisis dilanjutkan menggunakan C *Control Chart* untuk mengevaluasi kestabilan proses perakitan *fuselage* NC212. Penggunaan C *Control Chart* pada penelitian ini didasarkan pada karakteristik data yang berupa jumlah *defect* pada setiap periode pengamatan dengan ukuran unit inspeksi yang tetap. Analisis dilakukan secara bertahap melalui beberapa iterasi untuk mengetahui kondisi pengendalian proses serta mengidentifikasi titik pengamatan yang berada di luar batas kendali.

Apabila terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, maka titik tersebut menunjukkan adanya variasi yang diduga berasal dari penyebab khusus (*assignable cause*) yang dapat memengaruhi kestabilan proses. Oleh karena itu, data yang berada di luar batas kendali dieliminasi dan dilakukan perhitungan kembali terhadap batas kendali pada iterasi berikutnya. Proses tersebut dilakukan hingga seluruh titik pengamatan berada dalam batas kendali dan diperoleh kondisi proses yang terkendali secara statistik (*in control*).

V.4.1 Analisis C Control Chart Iterasi 1

Pada iterasi 1, C *Control Chart* digunakan untuk mengetahui kondisi awal kestabilan proses berdasarkan seluruh data jumlah *defect* selama periode pengamatan. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai CL sebesar 11 *defect*, UCL sebesar 20,95 *defect*, dan LCL sebesar 1,05 *defect*. Nilai tersebut menunjukkan rata-rata jumlah *defect* serta batas pengendalian yang digunakan untuk mengevaluasi kestabilan proses.

Berdasarkan hasil pemetaan pada C *Control Chart* iterasi 1, terdapat dua titik pengamatan yang berada di atas UCL. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jumlah *defect* pada kedua periode tersebut melebihi batas variasi yang masih dapat diterima dalam kondisi proses yang terkendali secara statistik. Dengan demikian, proses perakitan *fuselage* NC212 pada iterasi pertama belum berada dalam kondisi *in control*.

Keberadaan titik yang berada di luar batas kendali mengindikasikan adanya variasi yang berasal dari penyebab khusus (*assignable cause*). Oleh karena itu, titik pengamatan yang berada di luar batas kendali pada iterasi pertama dieliminasi dari perhitungan untuk selanjutnya dilakukan perhitungan kembali pada iterasi 2. Eliminasi dilakukan agar batas kendali berikutnya dapat menggambarkan variasi proses setelah pengaruh penyebab khusus tersebut dikeluarkan.

V.4.2 Analisis C Control Chart Iterasi 2

Pada iterasi 2, C *Control Chart* dihitung kembali dengan menggunakan data setelah dilakukan eliminasi terhadap titik pengamatan yang berada di luar batas kendali pada iterasi 1. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai CL 8,70 *defect*, UCL sebesar 17,55 *defect*, dan LCL sebesar 0 *defect*.

Penurunan nilai CL dari 11 *defect* menjadi 8,70 *defect* menunjukkan bahwa rata-rata jumlah *defect* mengalami penurunan setelah data yang berada di luar batas kendali pada iterasi pertama dieliminasi. Demikian pula, batas kendali pada iterasi kedua mengalami perubahan karena perhitungan dilakukan berdasarkan data yang telah disesuaikan.

Berdasarkan hasil pemetaan C *Control Chart* pada iterasi kedua, masih terdapat satu titik pengamatan yang berada di atas UCL. Kondisi tersebut

menunjukkan bahwa proses masih belum sepenuhnya berada dalam kondisi terkendali secara statistik karena masih terdapat variasi yang melebihi batas pengendalian. Oleh karena itu, titik pengamatan tersebut kembali dieliminasi dan dilakukan perhitungan ulang pada iterasi 3.

V.4.3 Analisis C Control Chart Iterasi 3

Pada iterasi 3, C Control Chart dihitung kembali menggunakan data setelah dilakukan eliminasi terhadap titik pengamatan yang berada di luar batas kendali pada iterasi 2. Hasil perhitungan menunjukkan nilai CL sebesar 7,56 *defect*, UCL sebesar 15,80 *defect*, dan LCL sebesar 0 *defect*.

Penurunan nilai CL dari iterasi sebelumnya menunjukkan bahwa rata-rata jumlah *defect* pada data yang digunakan semakin rendah setelah dilakukan eliminasi terhadap titik pengamatan yang berada di luar batas kendali. Batas kendali yang diperoleh pada iterasi ketiga selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi kondisi akhir proses setelah dilakukan eliminasi data secara bertahap.

Berdasarkan grafik C Control Chart pada iterasi 3, seluruh titik pengamatan berada di antara UCL dan LCL. Tidak terdapat titik pengamatan yang berada di luar batas kendali, sehingga proses pada data yang telah melalui proses eliminasi dapat dinyatakan berada dalam kondisi terkendali secara statistik (*in control*).

Dengan diperolehnya kondisi *in control* pada iterasi 3, maka tidak diperlukan eliminasi data lebih lanjut. Hasil pada iterasi 3 selanjutnya digunakan sebagai batas kendali akhir dalam analisis C Control Chart. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa setelah titik pengamatan yang terindikasi memiliki penyebab khusus dieliminasi, variasi jumlah *defect* yang tersisa berada dalam batas pengendalian statistik.

Meskipun hasil iterasi 3 menunjukkan proses berada dalam kondisi *in control*, keberadaan *defect* pada proses perakitan tetap perlu ditelusuri untuk mengetahui faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya kegagalan. Hasil Diagram Pareto menunjukkan bahwa *Incorrect Hole* merupakan *defect* dengan frekuensi tertinggi, sehingga menjadi fokus analisis selanjutnya. Oleh karena itu, pembahasan dilanjutkan menggunakan *Fishbone Diagram* untuk mengidentifikasi faktor penyebab *Incorrect Hole* pada proses *drilling* berdasarkan faktor *man*, *machine*, *method*, dan *material* kemudian dilanjutkan dengan analisis *Failure Mode and*

Effect Analysis (FMEA) untuk menentukan prioritas risiko dan menyusun usulan perbaikan yang tepat.

V.5 Analisis *Fishbone* Diagram

Pada penelitian ini, identifikasi akar penyebab dilakukan menggunakan *Fishbone* Diagram dengan pendekatan 4M, yaitu *Man* (manusia), *Machine* (mesin), *Method* (metode), dan *Material* (material). Pendekatan tersebut dipilih karena mampu mengelompokkan berbagai penyebab yang berpotensi mengakibatkan kegagalan pada proses *drilling* secara sistematis. Hasil analisis menunjukkan bahwa kegagalan pada proses *drilling* yang menyebabkan *defect Incorrect Hole* dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan selama proses perakitan *fuselage* NC212. Oleh karena itu, setiap faktor dianalisis untuk mengetahui penyebab utama kegagalan proses sebagai dasar dalam penentuan prioritas perbaikan. Adapun analisis dari masing-masing faktor adalah sebagai berikut :

1. Faktor *Man* (Manusia)

- Kompetensi operator dalam proses *drilling* belum merata. Perbedaan tingkat kompetensi antaroperator menyebabkan proses *drilling* tidak selalu dilaksanakan sesuai standar dan parameter kerja yang telah ditetapkan. Kegagalan pada proses *drilling* tersebut meningkatkan kemungkinan terjadinya kesalahan dalam menentukan posisi pengeboran sehingga *hole* berada di luar batas toleransi (*misalignment*).
- Pengalaman operator masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam bekerja. Operator yang belum memiliki pengalaman yang memadai cenderung memerlukan waktu adaptasi dalam melaksanakan proses *drilling*. Akibatnya, konsistensi pelaksanaan pekerjaan menurun dan peluang terjadinya penyimpangan posisi *hole* selama proses *drilling* menjadi lebih besar.

2. Faktor *Machine* (Mesin)

- *Setting* mesin tidak akurat. Pengaturan mesin yang kurang tepat dapat menyebabkan posisi pengeboran bergeser dari titik yang telah ditentukan sehingga *hole* yang dihasilkan tidak sesuai dengan gambar teknik.

- Keausan pada *drill bit* sehingga lubang bergeser. Mata bor yang telah aus mengurangi tingkat presisi proses pengeboran dan meningkatkan kemungkinan terjadinya penyimpangan posisi *hole*.
- Kalibrasi mesin belum dilakukan sesuai jadwal. Mesin yang tidak dikalibrasi secara berkala berpotensi mengalami penurunan akurasi, sehingga hasil pengeboran tidak memenuhi toleransi yang telah ditentukan.

3. Faktor *Method* (Metode)

- *Work Instruction* (WI) belum disusun secara detail. Instruksi kerja yang kurang rinci dapat menyebabkan perbedaan pemahaman antaroperator dalam melaksanakan proses *marking* dan *drilling*, sehingga hasil pekerjaan menjadi kurang konsisten.
- Proses *marking* belum dilakukan secara standar. Inkonsistensi dalam pelaksanaan proses *marking* menyebabkan titik acuan pengeboran tidak sesuai dengan koordinat yang telah ditentukan, Kondisi ini mengakibatkan posisi *hole* bergeser dari toleransi yang ditetapkan.

4. Faktor *Material*

Material mengalami deformasi (*deformation/warping*) sehingga posisi *marking* dan *drilling* menjadi tidak akurat. Perubahan bentuk material menyebabkan titik acuan *marking* bergeser dari posisi yang seharusnya. Akibatnya, proses *drilling* menghasilkan *hole* yang tidak sesuai dengan spesifikasi dan meningkatkan potensi terjadinya *Incorrect Hole*.

V.6 Analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Setelah dilakukan identifikasi akar penyebab menggunakan *Fishbone* Diagram, tahap selanjutnya adalah menganalisis tingkat risiko dari setiap potensi kegagalan proses menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Analisis ini bertujuan untuk menentukan prioritas kegagalan proses yang perlu segera diperbaiki berdasarkan tingkat risiko yang ditimbulkan pada proses *drilling* dalam perakitan *fuselage* pesawat NC212. Pada penelitian ini, mode kegagalan yang dianalisis adalah posisi *hole* berada di luar batas toleransi (*misalignment*) yang menghasilkan *defect Incorrect Hole*. Penentuan tingkat risiko dilakukan melalui penilaian *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) yang diperoleh

berdasarkan hasil observasi, wawancara, serta diskusi dengan pihak *Quality Control* (QC), bagian Produksi, dan pembimbing lapangan PT Dirgantara Indonesia yang terlibat langsung dalam proses perakitan *fuselage* pesawat NC212. Penilaian tersebut mempertimbangkan kondisi aktual proses produksi, frekuensi terjadinya kegagalan, dampak yang ditimbulkan terhadap proses perakitan, serta kemampuan sistem pengendalian dalam mendeteksi potensi kegagalan. Selanjutnya, nilai *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D) dikalikan untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan prioritas tindakan perbaikan.

Hasil analisis FMEA menunjukkan bahwa setiap potensi kegagalan proses memiliki nilai RPN yang berbeda sesuai dengan tingkat keparahan dampak (*severity*), frekuensi terjadinya (*occurrence*), serta kemampuan sistem dalam mendeteksi kegagalan (*detection*). Semakin tinggi nilai RPN, semakin tinggi pula tingkat risiko kegagalan pada proses *drilling* yang berpotensi menyebabkan *Incorrect Hole*. Oleh karena itu, potensi kegagalan dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama dalam penyusunan usulan perbaikan.

Berdasarkan hasil perhitungan, faktor *man* memperoleh nilai RPN tertinggi sebesar 288. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kompetensi operator dalam proses *drilling* yang belum merata serta pengalaman operator yang masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam bekerja merupakan potensi kegagalan yang paling berisiko menyebabkan kegagalan pada proses *drilling*. Kondisi tersebut meningkatkan kemungkinan terjadinya penyimpangan posisi *hole* di luar batas toleransi (*misalignment*) sehingga mengakibatkan *defect Incorrect Hole*. Selanjutnya, faktor *method* memperoleh nilai RPN sebesar 240, yang disebabkan oleh proses *marking* belum dilakukan sesuai prosedur standar serta *Work Instruction* (WI) belum menjelaskan langkah kerja, titik referensi, dan toleransi secara rinci. Faktor *machine* memperoleh nilai RPN sebesar 200, yang meliputi parameter mesin *drilling* belum disetel sesuai standar, keausan *drill bit*, serta kalibrasi mesin yang belum dilakukan sesuai jadwal. Sementara itu, faktor *material* memperoleh nilai RPN sebesar 160, yaitu *material* mengalami deformasi (*deformation/warping*) sehingga posisi *marking* dan *drilling* menjadi tidak akurat.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kegagalan pada faktor *man* memberikan kontribusi risiko terbesar terhadap terjadinya mode kegagalan posisi *hole* berada di luar batas toleransi (*misalignment*) pada proses *drilling*, yang selanjutnya menghasilkan *defect Incorrect Hole*. Kondisi ini menunjukkan bahwa kompetensi dan konsistensi operator memiliki pengaruh yang lebih besar dibandingkan faktor metode, mesin, maupun material dalam menjaga ketepatan proses pengeboran.

Berdasarkan hasil analisis FMEA, faktor *man* menjadi prioritas utama dalam penyusunan tindakan perbaikan karena memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi dibandingkan faktor lainnya. Selanjutnya, faktor *method*, *machine*, dan *material* menjadi prioritas perbaikan sesuai dengan urutan nilai RPN yang diperoleh. Urutan prioritas tersebut kemudian dijadikan sebagai dasar dalam penyusunan usulan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H untuk mengurangi kegagalan pada proses *drilling*, sehingga potensi terjadinya *defect Incorrect Hole* pada proses perakitan *fuselage* pesawat NC212 dapat diminimalkan.

V.7 Analisis Rancangan Perbaikan Dengan Pendekatan 5W+1H

Setelah dilakukan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), langkah selanjutnya adalah menyusun usulan tindakan perbaikan menggunakan pendekatan 5W+1H. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan rancangan perbaikan secara sistematis melalui identifikasi aspek *What* (apa yang dilakukan), *Why* (mengapa perlu dilakukan), *Where* (di mana dilakukan), *When* (kapan dilakukan), *Who* (siapa yang bertanggung jawab), dan *How* (bagaimana pelaksanaannya). Dengan demikian, usulan yang dihasilkan tidak hanya berfokus pada tindakan perbaikan, tetapi juga memberikan gambaran mengenai mekanisme implementasinya agar lebih mudah diterapkan oleh perusahaan.

Penyusunan usulan perbaikan mengacu pada hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang telah mengidentifikasi potensi kegagalan pada proses *drilling* penyebab terjadinya *defect Incorrect Hole*. Melalui metode FMEA diperoleh prioritas risiko berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sehingga tindakan perbaikan difokuskan pada penyebab yang memiliki tingkat risiko tertinggi. Selanjutnya, pendekatan 5W+1H digunakan untuk merancang

implementasi tindakan perbaikan sehingga setiap usulan memiliki tujuan yang jelas, alasan pelaksanaan, lokasi penerapan, waktu pelaksanaan, pihak yang bertanggung jawab, serta langkah-langkah implementasi yang dapat diterapkan pada proses produksi.

Aspek *What* menitikberatkan tindakan perbaikan pada peningkatan kompetensi operator, standarisasi proses *marking*, penyempurnaan *Work Instruction* (WI), peningkatan pengendalian kondisi mesin *drilling*, serta pemeriksaan kondisi material sebelum diproses. Seluruh tindakan tersebut dirancang untuk mengurangi kegagalan pada proses *drilling* yang menyebabkan posisi *hole* berada di luar batas toleransi (*misalignment*).

Aspek *Why* menjelaskan bahwa tindakan perbaikan perlu dilakukan karena kegagalan pada proses *drilling* menghasilkan *defect Incorrect Hole* yang berdampak terhadap kualitas sambungan struktur *fuselage*. Selain menurunkan kualitas produk, kondisi tersebut juga meningkatkan aktivitas *rework*, *repair*, bahkan *scrap*, sehingga mengurangi efisiensi proses produksi dan menambah biaya produksi.

Aspek *Where* menunjukkan bahwa implementasi perbaikan difokuskan pada proses *marking* dan *drilling* di area perakitan *fuselage* NC212 karena kedua proses tersebut merupakan tahapan yang secara langsung memengaruhi ketepatan posisi *hole*.

Aspek *When* menjelaskan bahwa pelaksanaan perbaikan dilakukan secara bertahap berdasarkan prioritas nilai *Risk Priority Number* (RPN). Faktor dengan nilai RPN tertinggi menjadi prioritas utama untuk segera diperbaiki, sedangkan faktor lainnya dilaksanakan secara berkala sebagai bagian dari program peningkatan kualitas perusahaan.

Aspek *Who* mengidentifikasi pihak yang bertanggung jawab dalam implementasi usulan perbaikan, yaitu Departemen Produksi, Departemen *Maintenance*, Departemen *Quality Control*, *Human Resource*, serta Operator sesuai dengan tugas dan tanggung jawab masing-masing dalam mendukung peningkatan kualitas proses *drilling*.

Aspek *How* menjelaskan bahwa implementasi dilakukan melalui penyelenggaraan *training* teknis *marking* dan *drilling*, pelaksanaan *refreshment*

training, penyusunan dan *review* SOP serta *Work Instruction* (WI), penerapan standar proses *marking*, verifikasi *setting* mesin, pelaksanaan *preventive maintenance* dan kalibrasi mesin secara berkala, serta pemeriksaan dimensi dan kerataan (*flatness*) material sebelum proses produksi.

Berikut merupakan usulan perbaikan yang ditetapkan berdasarkan hasil analisis FMEA dan dirancang menggunakan pendekatan 5W+1H sesuai dengan urutan prioritas nilai RPN :

1. Faktor *Man* (RPN = 288)

- Menyelenggarakan pelatihan teknis proses *drilling* serta evaluasi kompetensi operator secara berkala untuk meningkatkan kompetensi operator dalam melaksanakan proses *drilling* sesuai standar perusahaan. Tindakan ini bertujuan meningkatkan keseragaman kompetensi operator sehingga proses *drilling* dapat dilaksanakan secara konsisten dan potensi terjadinya *defect Incorrect Hole* dapat diminimalkan. Pelaksanaannya dilakukan oleh Departemen Produksi bersama *Human Resource*.
- Menerapkan sistem *mentoring* dan *refreshment training* bagi operator baru atau yang berpengalaman terbatas untuk meningkatkan konsistensi kerja dan pemahaman prosedur produksi. Kegiatan ini dilaksanakan secara berkala oleh Departemen Produksi.

2. Faktor *Method* (RPN = 240)

- Menyusun standar proses *marking*, menggunakan *template* atau *jig*, serta melakukan verifikasi hasil *marking* sebelum *drilling* agar posisi pengeboran sesuai spesifikasi. Pelaksanaannya dilakukan oleh Departemen Produksi melalui penyusunan dan pembaruan SOP secara berkala.
- Menyempurnakan *Work Instruction* (WI) dengan menambahkan langkah kerja, gambar pendukung, dan *checklist* agar instruksi lebih jelas dan seragam. Revisi WI dilakukan oleh *Manager*, Supervisor Produksi, dan Operator untuk mengurangi potensi *Incorrect Hole*.

3. Faktor *Machine* (RPN = 200)

- Melakukan verifikasi *setting* mesin menggunakan *jig* atau *fixture* untuk memastikan posisi pengeboran sesuai spesifikasi. Kegiatan ini dilakukan

oleh Departemen Produksi bersama Teknisi *Maintenance* melalui pemeriksaan dan penyesuaian parameter mesin.

- Melakukan inspeksi dan penggantian *drill bit* yang aus secara berkala untuk menjaga ketepatan proses *drilling*. Pelaksanaannya menjadi tanggung jawab Departemen *Maintenance*.
- Melaksanakan kalibrasi mesin secara berkala sesuai standar guna menjaga akurasi proses *drilling*. Kegiatan ini dilakukan oleh Departemen *Maintenance* berdasarkan jadwal kalibrasi yang telah ditetapkan.

4. Faktor *Material* (RPN = 160)

Melakukan inspeksi dimensi dan kondisi *material* sebelum proses produksi untuk memastikan *material* tidak mengalami deformasi atau *warping*. Pemeriksaan dilakukan oleh Departemen *Quality Control* bersama Departemen Produksi agar hanya *material* yang memenuhi spesifikasi yang digunakan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan *Fishbone* Diagram, diketahui bahwa kegagalan pada proses *drilling* yang menyebabkan terjadinya *defect Incorrect Hole* dipengaruhi oleh empat faktor utama, yaitu *man*, *method*, *machine*, dan *material*.
 - Faktor *man* meliputi kompetensi operator dalam proses *drilling* yang belum merata sehingga proses *drilling* belum dilaksanakan secara konsisten sesuai standar, serta pengalaman operator yang masih terbatas sehingga kurang konsisten dalam bekerja.
 - Faktor *method* meliputi proses *marking* yang belum dilakukan secara standar serta *Work Instruction* (WI) yang belum disusun secara rinci sehingga pelaksanaan proses *drilling* belum seragam.
 - Faktor *machine* meliputi *setting* mesin yang belum akurat, keausan pada drill bit, serta kalibrasi mesin yang belum dilakukan sesuai jadwal sehingga mempengaruhi ketepatan posisi pengeboran.
 - Faktor *material* disebabkan oleh perubahan bentuk (*deform* atau *warping*) pada *material* yang mengakibatkan pergeseran titik acuan pengeboran sebelum proses *drilling* dilakukan.
2. Berdasarkan hasil pengendalian kualitas menggunakan Diagram *Pareto*, diketahui bahwa *defect Incorrect Hole* merupakan jenis *defect* dengan jumlah kejadian tertinggi, yaitu sebanyak 42 *defect* (31,82%) dari total 132 *defect* selama periode Januari hingga Desember 2025. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kegagalan pada proses *drilling* merupakan penyebab dominan yang berkontribusi terhadap munculnya *defect Incorrect Hole*. Selanjutnya, analisis menggunakan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) menunjukkan bahwa faktor *man* memiliki tingkat risiko tertinggi dengan nilai *Risk Priority Number*

(RPN) sebesar 288, diikuti faktor *method* sebesar 240, faktor *machine* sebesar 200, dan faktor *material* sebesar 160. Dengan demikian, faktor manusia menjadi prioritas utama dalam upaya mengurangi kegagalan proses *drilling* yang menyebabkan terjadinya *defect Incorrect Hole*.

3. Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), diperoleh urutan prioritas penyebab kegagalan pada proses *drilling* berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Selanjutnya, usulan perbaikan disusun menggunakan pendekatan 5W+1H dengan mengacu pada faktor-faktor penyebab yang telah diidentifikasi melalui *Fishbone* Diagram. Usulan perbaikan tersebut ditujukan untuk meminimalkan kegagalan pada proses *drilling* sehingga potensi terjadinya *defect Incorrect Hole* dapat dikurangi, yaitu sebagai berikut :

- a. Faktor *man* dengan nilai RPN sebesar 288

- Menyelenggarakan pelatihan serta evaluasi kompetensi operator untuk meningkatkan kemampuan dalam proses *drilling* sesuai standar perusahaan.
- Menerapkan sistem *mentoring* dan *refreshment training* bagi operator baru untuk meningkatkan konsistensi kerja serta mengurangi potensi *human error* pada proses *drilling*.

- b. Faktor *method* dengan nilai RPN sebesar 240

- Menyusun standar proses *marking*, menggunakan *template* atau *jig* sebagai acuan, serta melakukan verifikasi hasil *marking* sebelum proses *drilling*.
- Menyempurnakan *Work Instruction* (WI) dengan menambahkan langkah kerja, gambar pendukung, dan *checklist* agar pelaksanaan proses *drilling* lebih seragam.

- c. Faktor *machine* dengan nilai RPN sebesar 200

- Melakukan verifikasi *setting* mesin menggunakan *jig* atau *fixture* untuk memastikan posisi pengeboran sesuai spesifikasi.
- Melakukan inspeksi dan penggantian *drill bit* yang telah aus agar ketepatan proses *drilling* tetap terjaga.
- Melaksanakan kalibrasi mesin secara berkala sesuai standar untuk mempertahankan akurasi proses *drilling*.

- d. Faktor *material* dengan nilai RPN sebesar 160

Melakukan inspeksi dimensi dan kondisi *material* sebelum proses *drilling* untuk memastikan material tidak mengalami *deform* maupun *warping*, sehingga titik acuan pengeboran tetap sesuai spesifikasi.

VI.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada proses produksi *Fuselage* pesawat NC212 di PT Dirgantara Indonesia, terdapat beberapa saran yang diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan bagi perusahaan dalam upaya meningkatkan kualitas proses produksi, yaitu sebagai berikut :

1. PT Dirgantara Indonesia disarankan untuk menerapkan usulan perbaikan yang telah disusun berdasarkan pendekatan 5W+1H, dengan memprioritaskan faktor *man* yang memiliki nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi. Implementasi usulan tersebut diharapkan dapat mengurangi kegagalan pada proses *drilling* sehingga potensi terjadinya *defect Incorrect Hole* dapat diminimalkan.
2. Perusahaan disarankan untuk meningkatkan pengendalian terhadap proses *drilling* melalui evaluasi kompetensi operator, penerapan standar *marking* dan *Work Instruction* (WI), verifikasi *setting* mesin, inspeksi serta kalibrasi peralatan, dan pemeriksaan kondisi material sebelum proses produksi. Pengendalian tersebut diharapkan mampu menjaga kestabilan proses serta mengurangi potensi kegagalan selama proses *drilling*.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengevaluasi efektivitas implementasi usulan perbaikan yang telah diberikan terhadap penurunan kegagalan proses *drilling*. Selain itu, penelitian dapat dikembangkan dengan menggunakan metode analisis kualitas lainnya atau diterapkan pada proses produksi maupun jenis komponen pesawat yang berbeda sehingga diperoleh rekomendasi perbaikan yang lebih komprehensif.

LAMPIRAN

LAMPIRAN PEDOMAN WAWANCARA

Nama : Agus Setiawan

Jabatan : *Supervisor* Produksi

Departemen : *Sub Assembly Aircraft* (AC2000)

Lama Bekerja : 15 Tahun

1. Pewawancara : Selamat pagi Pak Agus, terima kasih sebelumnya karena telah bersedia meluangkan waktu untuk menjadi narasumber dalam penelitian Tugas Akhir saya. Penelitian ini membahas mengenai analisis *defect* pada proses produksi *Fuselage* NC212 menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Wawancara ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai proses produksi serta penyebab terjadinya *defect* selama proses *assembly fuselage*. Apakah Bapak bersedia menjadi narasumber?

Narasumber : Selamat pagi. Ya, saya bersedia. Silakan apabila ada hal-hal yang ingin ditanyakan mengenai proses produksi maupun kualitas selama proses perakitan *Fuselage* NC212. Saya berharap penelitian ini dapat memberikan masukan bagi perusahaan, khususnya dalam mengidentifikasi penyebab *defect* yang sering terjadi sehingga nantinya dapat dijadikan bahan evaluasi untuk meningkatkan kualitas proses produksi.

2. Pewawancara : Bagaimana alur proses perakitan *Fuselage* NC212 secara umum pada Departemen *Sub Assembly Aircraft*?

Narasumber : Proses perakitan *fuselage* dimulai dari persiapan dokumen dan material, dilanjutkan dengan positioning komponen, *drilling*, *deburring*, *cleaning*, aplikasi *sealant* (jika diperlukan), pemasangan *cleco*, dan *riveting*. Setiap tahapan diperiksa oleh *Quality Control*

untuk memastikan kesesuaian proses dan mencegah terjadinya *defect*.

3. Pewawancara : Menurut Bapak, tahapan proses mana yang paling berpengaruh terhadap kualitas hasil perakitan *Fuselage* NC212?

Narasumber : Proses yang paling menentukan kualitas *fuselage* adalah *positioning*, *drilling*, dan *riveting* karena berpengaruh langsung terhadap dimensi dan kekuatan struktur. Ketelitian pada ketiga proses tersebut diperlukan untuk mencegah *defect* seperti *Incorrect Hole*, *Edge Margin*, *Gap*, *Crack*, dan *Interference*, sehingga menjadi fokus utama dalam pengawasan produksi.

4. Pewawancara : Berdasarkan pengalaman Bapak, jenis *defect* apa saja yang paling sering ditemukan selama proses produksi *Fuselage* NC212?

Narasumber : Berdasarkan data produksi, *defect* yang paling sering terjadi adalah *Incorrect Hole*, *Edge Margin*, *Mismatch*, *Gap*, *Crack*, dan *Interference*, dengan *Incorrect Hole* sebagai *defect* paling dominan karena proses *drilling* dilakukan di hampir seluruh tahapan *assembly*. *Defect* lain seperti *Not According to Drawing*, *Obstruct*, *Buckling*, *Corrosion*, dan *Plug Rivet* juga ditemukan, namun frekuensinya lebih rendah.

5. Pewawancara : Apa penyebab utama munculnya *defect* tersebut menurut Bapak?

Narasumber : Penyebab *defect* pada proses *assembly* dipengaruhi oleh faktor manusia, metode, mesin, dan *engineering*. Faktor manusia menjadi penyebab utama karena proses membutuhkan ketelitian tinggi, sementara metode kerja, kondisi peralatan, dan pemahaman terhadap *drawing* juga memengaruhi terjadinya *defect*. Oleh karena itu, koordinasi antara Produksi, *Engineering*,

dan *Quality Control* sangat penting untuk menjaga kualitas proses.

6. Pewawancara : Apa dampak yang ditimbulkan apabila *defect* tersebut terjadi terhadap proses produksi?

Narasumber : *Defect* berdampak besar pada proses produksi karena memerlukan evaluasi *Quality Control*, sering membutuhkan *rework*, meningkatkan waktu, biaya, dan penggunaan material, serta dapat menyebabkan penggantian komponen. Selain itu, *defect* menghambat proses *assembly* berikutnya sehingga perlu diminimalkan agar target produksi tercapai.

7. Pewawancara : Bagaimana koordinasi antara bagian Produksi dengan *Quality Control* apabila ditemukan *defect* selama proses *assembly Fuselage NC212*?

Narasumber : Saat ditemukan *defect*, proses *assembly* dihentikan sementara dan dilakukan pemeriksaan oleh Produksi serta *Quality Control*. Jika masih dalam batas toleransi, dilakukan *rework*, sedangkan *defect* yang lebih kompleks melibatkan *Engineering* untuk menentukan solusi teknis. Koordinasi antarbagian diperlukan agar penanganan *defect* cepat, kualitas terjaga, dan target produksi tetap tercapai.

8. Pewawancara : Menurut Bapak, upaya apa yang perlu dilakukan agar jumlah *defect* pada proses produksi *Fuselage NC212* dapat terus dikurangi?

Narasumber : Upaya utama untuk mengurangi *defect* adalah meningkatkan kompetensi operator melalui pelatihan berkala, memastikan *jig, fixture, tools*, dan alat ukur selalu dalam kondisi baik serta terkalibrasi, dan melakukan evaluasi rutin terhadap data *defect*. Langkah-langkah tersebut dapat menurunkan *defect* dan

rework, meningkatkan produktivitas, serta menjaga kualitas *fuselage* sesuai standar.

Nama : Hendra Saputra
Jabatan : *Supervisor Quality Control*
Departemen : *Quality Control Aircraft*
Lama Bekerja : 16 Tahun

1. Pewawancara : Selamat pagi Pak Hendra. Terima kasih atas kesediaan Bapak menjadi narasumber dalam penelitian Tugas Akhir saya mengenai analisis *defect* pada proses produksi *Fuselage* NC212. Apakah Bapak bersedia menjawab beberapa pertanyaan?

Narasumber : Selamat pagi. Ya, saya bersedia. Silakan, semoga informasi yang saya berikan dapat membantu penelitian dan menjadi masukan untuk perbaikan kualitas proses produksi.

2. Pewawancara : Bagaimana peran *Quality Control* dalam menjaga kualitas pada proses produksi *Fuselage* NC212?

Narasumber : *Quality Control* bertugas memastikan setiap proses perakitan telah sesuai dengan *Engineering Drawing*, *Work Instruction*, dan standar kualitas perusahaan. Pemeriksaan dilakukan pada setiap tahapan proses, mulai dari *positioning*, *drilling*, hingga *riveting*. Apabila ditemukan ketidaksesuaian, proses akan dihentikan sementara sampai dilakukan evaluasi dan perbaikan sesuai prosedur.

3. Pewawancara : *Defect* apa yang paling sering ditemukan berdasarkan hasil inspeksi *Quality Control*?

Narasumber : *Defect* yang paling sering ditemukan adalah *Incorrect Hole*, *Edge Margin*, *Mismatch*, dan *Gap*. Selain itu terkadang juga ditemukan *Crack*, *Interference*, dan *Not According to Drawing*, namun jumlahnya tidak

sebanyak empat *defect* utama tersebut. Data *defect* tersebut menjadi dasar dalam melakukan evaluasi dan perbaikan proses produksi.

4. **Pewawancara** : Apa penyebab utama terjadinya *defect* tersebut?
- Narasumber** : Penyebab *defect* berasal dari beberapa faktor, seperti ketelitian operator, metode kerja yang kurang sesuai, kondisi *tools* atau *jig* yang kurang optimal, serta kesalahan dalam membaca *drawing*. Oleh karena itu, setiap *defect* dianalisis terlebih dahulu agar tindakan perbaikannya sesuai dengan akar penyebabnya.
5. **Pewawancara** : Bagaimana prosedur yang dilakukan *Quality Control* apabila menemukan *defect*?
- Narasumber** : *Inspector* akan menghentikan sementara proses pada area yang mengalami *defect*, kemudian melakukan pemeriksaan dan mencatat hasil inspeksi. Setelah itu dilakukan koordinasi dengan bagian Produksi dan *Engineering* untuk menentukan apakah *defect* dapat diperbaiki melalui *rework* atau memerlukan tindakan lain sesuai prosedur perusahaan.
6. **Pewawancara** : Menurut Bapak, apa yang perlu dilakukan untuk mengurangi jumlah *defect* pada proses produksi *Fuselage NC212*?
- Narasumber** : Perusahaan perlu meningkatkan kompetensi operator melalui pelatihan, memastikan seluruh peralatan selalu dalam kondisi baik, serta melakukan evaluasi rutin terhadap data *defect*. Dengan mengetahui penyebab utama *defect*, perusahaan dapat menentukan tindakan perbaikan yang lebih efektif sehingga kualitas produk tetap terjaga dan jumlah *rework* dapat dikurangi.

LAMPIRAN FOTO DOKUMENTASI





DAFTAR PUSTAKA

- Albukhari, J., Anuar, K., Mesin, L. K., Mesin, J. T., Teknik, F., & Riau, U. (2021). *ANALISA PEMBEBANAN STATIK PADA FUSELAGE WAHANA TERBANG TANPA AWAK ATHA MAPPER 2150 DENGAN SIMULASI*. 8, 1–5.
- Basuki, G., Gusdi, N. V., & Mahsun, M. (2025). *Analisis Pengendalian Kualitas dengan Metode Basic Seven Tools dan Failure Mode And Effect Analysis (FMEA) untuk Meminimasi Kecacatan Produk di PT X*.
- Djunaidi, M., & Ryantaffy, A. K. (2018). *ANALISIS NONCONFORMING PART PADA WING STRUCTURE PESAWAT CN-235 DENGAN MENGGUNAKAN METODE FMEA (FAILURE MODE EFFECT ANALYSIS)*. 13(2), 67–74.
- Gradient, C. V., & Mahaputra, M. S. (n.d.). *M. Syafaruddin Mahaputra*. 1–16.
- Isniah, S., Purba, H. H., & Debora, F. (2020). *Plan do check action (PDCA) method : literature review and research issues*. 4(1), 72–81.
- Lestari, A. D., Widajanti, E., Ekonomi, F., & Riyadi, U. S. (2024). *Pengendalian Kualitas Produk dengan Metode Statistical Quality Control untuk Mengurangi Produk Rusak pada UMKM Gethuk Anyar di Ngawi*. 3.
- Muiz, A., Yasin, M., Arsyad, F., Studi, P., & Pendidikan, M. (2024). *SEJARAH DAN TOKOH TOTAL QUALITY MANAGEMENT (TQM) SERTA IMPLIKASINYA TERHADAP KONTEKS*. 02(01), 13–21.
<https://doi.org/10.57146/alwildan.v2i1.2006>
- Perbaikan, U., Produksi, K., Full, V., Dengan, B., Mode, F., Akhir, T., & Nugroho, F. S. (2018). *Program studi teknik industri fakultas teknik universitas pasundan 2018*.
- Pratama, F. S. (n.d.). *STRUCTURE POWER AIRCRAFT FUSELAGE 5774 TRAINER*.
- Staff, S., Komando, D., & Angkatan, T. N. I. (n.d.). *FMEA DAN FISHBONE ANALYSIS UNTUK MENGETAHUI RISIKO KERUSAKAN KOMPONEN FLIGHT CONTROL SYSTEM PENYEBAB AIRCRAFT VIBRATION HELIKOPTER BELL-412 TNI AL FMEA and Fishbone Anaysis to Determine The Risk of Flight Control System Components Defect Doe to Aircraft Vibration on the Indonesian Navy Helicopter PENDAHULUAN materiel dan*

personel Penerbangan TNI Angkatan Laut sebagai sub Sistem Senjata Armada Terpadu. 9, 127–140.

Sumerli, C. H., & Bonita, H. T. (2025). *Perbaikan pada proses premix bahan baku berdasarkan risiko kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) (Studi kasus: PT ...)*. Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

Sumerli, C. H., & Fauzi, G. D. (2022). *Analisis penyebab kecacatan kemasan AMDK di PT. XYZ dengan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*. Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

Tampubolon, A. S., Lordian, J. B., Pratamasari, N., & Siahaan, R. P. (2024, October). Pengurangan Jumlah Kecacatan Crumb Rubber Produksi PT XYZ dengan Metode Failure Mode and Effect Anlysis (FMEA). In *Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE)* (Vol. 7, No. 1, pp. 1219-1223).

Wulogening, H. I., & Timan, A. (2020). *Implementasi Total Quality Management (TQM) dalam sistem manajemen perencanaan kepala sekolah. 8(2), 137–146.*

Zaki, C., Ummah, K., Ap, I. M., & Sodiq, A. (2024). *Inflasi : Jurnal Ekonomi , Manajemen dan Perbankan Total Quality Management (TQM): Filosofi , Evolusi , dan Pendekatan Strategis Inflasi : Jurnal Ekonomi , Manajemen dan Perbankan. 1, 10–20.*