

**RANCANGAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI
UNTUK MENURUNKAN *DEFECT* TUBULAR
BAGIAN DEPAN KENDARAAN MAUNG 4X4 DI PT.
PINDAD MENGGUNAKAN METODE *FAILURE
MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)***

TUGAS AKHIR

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

**Disusun oleh:
Mohammad Azriel Ardiansyah (193010049)**



**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS PASUNDAN
BANDUNG
2026**

**RANCANGAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI UNTUK
MENURUNKAN *DEFECT* TUBULAR BAGIAN DEPAN KENDARAAN
MAUNG 4X4 DI PT. PINDAD MENGGUNAKAN METODE *FAILURE
MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)***

MOHAMMAD AZRIEL ARDIANSYAH

NRP: 193010049

Pembimbing Utama:

Dr. Ir. Putry Mety Zalynda, M.T

ABSTRAK

Proses pengelasan rangka tubular bagian depan kendaraan Maung BRIMOB 4x4 di PT. Pindad masih mengalami tingkat defect yang melebihi batas perusahaan sehingga diperlukan upaya perbaikan kualitas. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi penyebab defect dan merancang usulan perbaikan menggunakan metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) yang didukung Fishbone Diagram. Data diperoleh melalui observasi, wawancara dengan operator dan pihak Quality Assurance, serta data produksi dan defect periode Juli–November 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses pengelasan merupakan penyumbang defect terbesar, dengan jenis defect utama berupa sambungan las tidak rata dan retak (crack), dimana sambungan las tidak rata memiliki persentase tertinggi sebesar 46% dan nilai Risk Priority Number (RPN) tertinggi sebesar 54. Faktor penyebab utama meliputi nozzle yang aus, wire feeder yang bermasalah, kurangnya perawatan mesin, serta rendahnya ketelitian dan pemahaman operator. Usulan perbaikan yang diberikan meliputi pemeriksaan dan perawatan berkala pada komponen mesin las, pemantauan umur pakai dan penggantian komponen yang aus, serta peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan guna menurunkan tingkat defect dan meningkatkan kualitas produk tubular Maung BRIMOB 4x4.

Kata kunci: pengendalian kualitas, defect pengelasan, FMEA, tubular Maung BRIMOB 4×4.

**PROPOSED IMPROVEMENT OF THE PRODUCTION PROCESS TO
REDUCE DEFECTS IN THE FRONT TUBULAR COMPONENT OF THE
MAUNG 4X4 VEHICLE AT PT PINDAD USING THE FAILURE MODE
AND EFFECT ANALYSIS (FMEA) METHOD**

MOHAMMAD AZRIEL ARDIANSYAH

NRP: 193010049

Pembimbing Utama:

Dr. Ir. Putry Mety Zalynda, M.T

ABSTRACT

The welding process of the front tubular frame of the Maung BRIMOB 4x4 vehicle at PT. Pindad still experiences defect rates that exceed the company's allowable limits, making quality improvement efforts necessary. This study aims to identify the causes of defects and propose improvement measures using the Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method supported by the Fishbone Diagram. Data were collected through field observations, interviews with operators and Quality Assurance personnel, as well as production and defect data from July to November 2022. The results indicate that the welding process contributes the highest number of defects, with the main defects being uneven weld joints and cracks, where uneven weld joints accounted for the highest percentage of defects at 46% and had the highest Risk Priority Number (RPN) value of 54. The primary causes of these defects include worn nozzles, malfunctioning wire feeders, inadequate machine maintenance, and insufficient operator accuracy and understanding. The proposed improvements include regular inspection and maintenance of welding machine components, monitoring the service life and replacing worn components, and enhancing operator competence through training to reduce defect rates and improve the quality of the Maung BRIMOB 4x4 tubular frame products.

Keywords: quality control, welding defects, FMEA, Maung BRIMOB 4×4 tubular frame.

**RANCANGAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI UNTUK
MENURUNKAN *DEFECT* TUBULAR BAGIAN DEPAN KENDARAAN
MAUNG 4X4 DI PT. PINDAD MENGGUNAKAN METODE *FAILURE
MODE AND EFFECT ANALYSIS* (FMEA)**

Oleh

Mohammad Azriel Ardiansyah

NRP: 193010049

Menyetujui

Tim Pembimbing

Tanggal.....

Pembimbing

Penelaah

(Dr. Ir. Hj. Putri Mety Zalynda, MT)

(Dr. Ir. H. Chevy Herli Sumerli A., MT)

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Dr. Ir. Hj. Putri Mety Zalynda, MT)

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:

**RANCANGAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI UNTUK
MENURUNKAN *DEFECT* TUBULAR BAGIAN DEPAN KENDARAAN
MAUNG 4X4 DI PT. PINDAD MENGGUNAKAN METODE *FAILURE
MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)***

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, ...

Mohammad Azriel Ardiansyah
NRP:193010049

Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan kakakku

KATA PENGANTAR

Assalamu 'alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul:

“RANCANGAN PERBAIKAN PROSES PRODUKSI UNTUK MENURUNKAN *DEFECT* TUBULAR BAGIAN DEPAN KENDARAAN MAUNG 4X4 DI PT. PINDAD MENGGUNAKAN METODE *FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS (FMEA)*”

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pasundan.

Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, dukungan, serta motivasi. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Hj. Putri Mety Zalynda, MT selaku pembimbing dan Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pasundan yang telah memberikan ilmu dan pengarahan dalam menyusun pembuatan tugas akhir ini.
2. Dr. Ir. H. Chevy Herli Sumerli, MT selaku penelaah yang telah memberikan ilmu dan pengarahan dalam menyusun pembuatan tugas akhir ini.
3. Bapak Tedi Rustandi, ST, selaku Pembimbing Lapangan dalam Penelitian Tugas Akhir di PT. Pindad (persero).
4. Bapak Dikdik Alamsah, bapak Soni Sopian, Bapak Taufik Ihsan Kamil, ST, Bapak Cep Demsi Jumara, Se, bapak Heryana Maulana Muhammad, bapak Rahmat, bapak Saleh A.Md yang telah banyak membantu pada saat melaksanakan penelitian Tugas Akhir ini.
5. Kedua orang tua tercinta Ibu Ary retnoningsih dan Bapak Sulistiyanto serta Kakak Nadia Laksmi yang telah memberikan dukungan, do'a, kasih sayang, perhatian, pendidikan serta motivasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Teman-teman di kosan Bapak Oding, Geri Kenaldi, S.M, Rizky Taufik Padillah, S.T, Naufal Satria Syamdani, S.T, Galih Fatwa Pamungkas, S.T, Syamsi Ahmad Bahtiar, S.T, Ahmad Fayyadh Thalib, S.Kom, M.Si, William Benny Philbert Silalahi, S.T, dan M. Iksan Faturachman, S.T. yang senantiasa memberikan tawa canda ketika penulis sedang suntuk.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	I-1
I.1 Latar Belakang Masalah	I-1
I.2 Perumusan Masalah.....	I-3
I.3 Pembatasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan dan Manfaat.....	I-3
I.5 Asumsi	I-4
I.6 Sisematika Penulisan Laporan.....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI	II-1
II.1 Pengenalan Kualitas	II-1
II.1.1 <i>Total Quality Management</i>	II-3
II.1.2 Pengendalian Kualitas.....	II-4
II.1.3 Langkah-langkah Pengendalian Kualitas.....	II-5
II.2 Alat Bantu Pengendalian Kualitas.....	II-7
II.3 <i>Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)</i>	II-18
II.4 <i>Six Sigma</i>	II-23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	III-1
III.1 Identifikasi Masalah.....	III-2
III.2 Landasan Teori	III-3
III.3 Pengumpulan Data.....	III-3
III.4 Pengolahan Data	III-4

III.4.1	Penentuan Proses.....	III-4
III.4.2	Penentuan Peta Kendali.....	III-4
III.4.3	Analisis <i>Cause and Effect Diagram</i>	III-5
III.4.4	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA).....	III-5
III.4.5	Perhitungan Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN)	III-7
III.5	Analisis dan Pembahasan.....	III-7
III.6	Kesimpulan dan Saran	III-7
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		IV-1
IV.1	Pengumpulan Data.....	IV-1
IV.1.1	Sejarah Perusahaan.....	IV-1
IV.1.2	Visi dan Misi Perusahaan.....	IV-3
IV.1.3	Budaya Perusahaan	IV-3
IV.1.4	Produk Yang Dihasilkan	IV-4
IV.1.5	Data Jumlah Produksi	IV-5
IV.1.6	Alur Produksi	IV-7
IV.1.7	Proses Produksi yang Bermasalah	IV-8
IV.1.8	Data Jenis-jenis <i>Defect</i>	IV-9
IV.2	Pengolahan Data	IV-11
IV.2.1	Penentuan Proses.....	IV-11
IV.2.2	Mengidentifikasi Jenis <i>Defect</i>	IV-12
IV.2.3	Perhitungan <i>Capability Process</i>	IV-13
IV.2.4	Penentuan <i>Cause and Effect</i>	IV-15
IV.2.5	Analisis Penyebab Kegagalan Menggunakan Metode <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)	IV-19
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		V-1
V.1	Analisis.....	V-1

V.2	Usulan Perbaikan.....	V-2
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		VI-1
VI.1	Kesimpulan	VI-1
VI.2	Saran	VI-2
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Siklus PDCA (<i>Plan-Do-Check-Action</i>).....	II-6
Gambar II. 2 Contoh <i>Cheek Sheet</i>	II-7
Gambar II. 3 Contoh Diagram Histogram.....	II-8
Gambar II. 4 Contoh Diagram Pareto	II-9
Gambar II. 5 Contoh Diagram <i>Scatter</i>	II-10
Gambar II. 6 Contoh Diagram <i>Fishbone</i>	II-11
Gambar II. 7 Contoh <i>Worksheet Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA)..	II-23
Gambar III. 1 <i>Flowchart</i> Pemecahan Masalah	III-1
Gambar IV. 1 Produk Kendaraan Khusus PT. Pindad (Persero)	IV-5
Gambar IV. 2 Gambar Tubular Maung 4x4.....	IV-6
Gambar IV. 3 OPC Alur Produksi Tubular Maung Brimob.....	IV-7
Gambar IV. 4 Grafik Jumlah <i>Defect</i> pada tiap Proses	IV-9
Gambar IV. 5 <i>Defect</i> Sudut Potong Tidak Presisi.....	IV-10
Gambar IV. 6 <i>Defect</i> Terdapat Retak (<i>Crack</i>)	IV-10
Gambar IV. 7 <i>Defect</i> Sambungan Las Tidak Rata.....	IV-10
Gambar IV. 8 <i>Defect</i> Terdapat Porositas Berlebih (<i>Porosity</i>)	IV-11
Gambar IV. 9 Diagram Pareto Tiap Proses.....	IV-12
Gambar IV. 10 Diagram Pareto <i>Defect</i> Proses Pengelasan.....	IV-13
Gambar IV. 11 Peta Kendali P	IV-14
Gambar IV. 12 Mesin Las GMAW	IV-15
Gambar IV. 13 Diagram <i>Fishbone</i> Pada <i>Defect</i> Sambungan Las Tidak Rata .	IV-17
Gambar IV. 14 Diagram <i>Fishbone</i> Pada <i>Defect</i> Terdapat Retak (<i>Crack</i>).....	IV-18

DAFTAR TABEL

Tabel I. 1 Data Produksi dan <i>Defect</i> PT. Pindad.....	I-2
Tabel II. 1 Contoh <i>Rating Severity</i>	II-20
Tabel II. 2 Contoh <i>Rating Occurance</i>	II-21
Tabel II. 3 Contoh Tabel <i>Detection</i>	II-22
Tabel IV. 1 Data Produksi Tubular Maung.....	IV-6
Tabel IV. 2 Proses Produksi yang Bermasalah	IV-8
Tabel IV. 3 Jenis <i>Defect</i> tiap Proses.....	IV-9
Tabel IV. 4 <i>Defect</i> Tiap Proses	IV-11
Tabel IV. 5 <i>Defect</i> Jenis Pengelasan	IV-12
Tabel IV. 6 Peta Kendali P.....	IV-13
Tabel IV. 7 Identifikasi <i>Potential Failure</i>	IV-19
Tabel IV. 8 Identifikasi <i>Cause and Effect</i>	IV-20
Tabel IV. 9 Skala <i>Severity</i>	IV-20
Tabel IV. 10 Jumlah Kegagalan tiap <i>Potential Failure</i>	IV-21
Tabel IV. 11 Skala <i>Occurance</i>	IV-21
Tabel IV. 12 Skala <i>Detection</i>	IV-22
Tabel IV. 13 Nilai <i>Risk Priority Number</i> (RPN).....	IV-22
Tabel IV. 14 <i>Worksheet</i> FMEA	IV-23
Tabel V. 1 Analisa Terdapat Retak (<i>Crack</i>) dengan metode Kipling.....	V-4
Tabel V. 2 Analisa Sambungan Las Tidak Rata dengan metode Kipling.....	V-6

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang Masalah

Dalam dunia militer, kualitas dan keandalan kendaraan adalah aspek krusial yang mempengaruhi keberhasilan misi dan keselamatan personel. Bagian rangka kendaraan Taktis Ringan Maung, khususnya yang rangka tubular yang memiliki peran penting dalam memberikan struktur dan perlindungan terhadap kendaraan serta personel di dalamnya. Pengelasan adalah tahap produksi kritis yang sangat memengaruhi kualitas dan kekuatan rangka tubular. Namun, seringkali kecacatan dalam pengelasan dapat mengurangi kualitas material dan mempengaruhi kinerja rangka kendaraan di medan pertempuran.

Penelitian ini dilakukan di PT. Pindad yang merupakan sebuah perusahaan Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Kecacatan pengelasan pada bagian rangka kendaraan militer dapat muncul dalam berbagai bentuk seperti deformasi dan cacat penyambungan yang dapat mengurangi kekuatan struktural. Dalam medan pertempuran yang penuh tekanan fisik dan kondisi lingkungan yang ekstrem, rangka kendaraan harus dapat mengatasi beban-beban ini tanpa mengalami kegagalan yang dapat mengancam keselamatan personel dan kesuksesan misi. Oleh karena itu, penelitian tentang kualitas rangka tubular dengan fokus pada deteksi dan pencegahan kecacatan pengelasan memiliki signifikansi besar dalam menjaga integritas rangka kendaraan.

Pada divisi Kendaraan Khusus terdapat beberapa produk yaitu Maung 4x4, Anoa 6x6, Badak 6x6, Medium Tank dan yang lainnya. Produk-produk ini dibuat secara *Make to Order* yang dimana produk dibuat setelah adanya pemesanan dari customer sampai tanggal pengiriman juga disepakati agar proses produksi bisa selesai tepat pada waktunya.

PT. Pindad sudah melaksanakan pengendalian mutu pada proses penciptaan namun kasus senantiasa saja terjalin mengingat banyaknya aspek yang ikut serta dalam proses penciptaan. *Defect* disebabkan oleh proses yang kandas dalam perihal ini mesin ataupun komponen yang tidak berperan dengan baik. Sesuai dengan tujuan industri ialah untuk memproduksi alat pertahanan yang berkualitas

tinggi, PT Pindad tidak hanya fokus pada mutu proses pembuatan namun juga terus berupaya untuk memperhatikan mutu produknya.

Tabel I. 1 Data Produksi dan *Defect* PT. Pindad

Sumber: PT. Pindad

No	Periode	Jumlah Produk (Unit)	Total Produk Defect	Jenis Defect			
				Bagian Depan	Samping Kanan	Samping Kiri	Belakang
1	Juli 2022	20	4	2	1	1	0
2	Agustus 2022	20	5	2	1	1	1
3	Sep-22	20	7	3	2	1	1
4	Oktober 2022	20	7	3	1	2	1
5	Nov-22	20	7	4	1	2	0
Total (Unit)		100	30%	14	6	7	3
% Defect				47%	20%	23%	10%

Dari tabel disebutkan bahwa total *defect* sebesar 30% perusahaan memproduksi produk dengan mutu yang terpelihara dan memiliki presentase *defect* 12% dimana ini menjadi batas maksimal *defect* yang diperbolehkan pada perusahaan. Dengan diketahuinya *defect* sebesar 30% dari seluruh bagian didapatkan bagian yang paling besar adalah bagian depan sehingga masih ada di atas dari batas maksimal *defect* perusahaan yang dimana penelitian ini akan berfokus ke bagian depan tubular. Perbaikan dilakukan dengan cara mencari faktor-faktor pemicu terbentuknya *defect*. Ada banyak cara untuk menyelesaikan perbaikan tersebut diantaranya *Six Sigma*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Perihal tersebut bisa dilakukan dengan menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). *Failure Mode and Effect Analysis* merupakan sesuatu analisis yang dilakukan untuk dapat menciptakan dampak ataupun akibat yang mungkin hendak membuat kesalahan pada suatu produk maupun pada proses produksi. Oleh karena itu, riset ini dilakukan sebagai upaya untuk mencari penyebab terbentuknya *defect* dan memberikan usulan perbaikan produk rangka tubular kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4 memakai metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA).

Penelitian ini dilaksanakan untuk mengidentifikasi penyebab cacat, sehingga perusahaan dapat mengatasi masalah dalam proses produksi dan

mengurangi persentase cacat pada rangka Tubular demi mencapai tujuan perusahaan.

Dengan adanya data yang diketahui pada tabel sebelumnya dapat dikatakan bahwa yang paling besar persentasenya adalah pada rangka tubular bagian depan yang artinya pada bagian tersebut harus dilakukan perbaikan untuk mengurangi persentase *defect* agar sesuai dengan standar perusahaan.

I.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan pembahasan yang terdapat pada latar belakang maka dapat disimpulkan bahwa perumusan masalah yang terjadi pada produk rangka tubular adalah sebagai berikut:

1. Apa penyebab *defect* pada produk rangka tubular bagian depan kendaraan Taktis Ringan Maung 4x4 yang diproduksi.
2. Merancang usulan perbaikan untuk mengurangi *defect* pada produk rangka tubular bagian kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4 yang diproduksi.

I.3 Pembatasan Masalah

Berdasarkan pembahasan yang terdapat pada perumusan masalah maka dapat disimpulkan bahwa pembatasan masalah yang terjadi pada produk rangka tubular adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan berfokus pada proses pembuatan rangka tubular bagian depan kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4.

I.4 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan pembahasan yang terdapat pada perumusan masalah maka dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menurunkan *defect* pada produk rangka tubular bagian depan kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4.
2. Merancang usulan perbaikan pada proses pengelasan rangka tubular bagian depan kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4.

Adapun manfaat dari penelitian ini diantaranya ialah sebagai berikut:

1. PT. Pindad mengetahui penyebab dari kecacatan pada produk rangka tubular bagian kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4.
2. PT. Pindad mendapatkan usulan perbaikan pada proses pengelasan rangka tubular bagian depan kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4.

I.5 Asumsi

Adapun asumsi yang diterapkan pada penelitian untuk menunjang penelitian ini sebagai landasan berpikir diantaranya ialah:

1. Kondisi ketika melakukan pengumpulan data berjalan dengan normal.
2. Data yang diambil merupakan data yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara dari *staff* dan operator pada masing-masing departemen.

I.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika penulisan di laporan ini disusun berdasarkan ketentuan yang telah ditetapkan pada sistematika penulisan laporan kerja praktik adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan

Bab ini menyajikan latar belakang yang menjadi dasar penelitian di PT. Pindad, di mana masih terdapat banyak *defect* yang mengakibatkan target perusahaan belum tercapai. Selanjutnya, dirumuskan masalah untuk merencanakan perbaikan proses berdasarkan penjelasan dalam latar belakang, serta tujuan dan manfaat penelitian. Dilengkapi dengan asumsi dan batasan agar pembahasan dalam penelitian ini tetap fokus pada masalah yang telah ditentukan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini memuat landasan teori yang digunakan sebagai dasar pendukung terhadap topik permasalahan dalam penelitian. Teori-teori tersebut dikumpulkan dari berbagai sumber rujukan, seperti jurnal ilmiah, buku, dan referensi lainnya yang relevan. Adapun pembahasan teori dalam bab ini meliputi konsep kualitas,

pengendalian kualitas, metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), serta desain yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini menguraikan secara rinci pendekatan dan metode yang diterapkan dalam penelitian terkait kualitas tubular pada struktur rangka kendaraan militer, dengan penekanan khusus pada permasalahan kecacatan hasil pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, memahami, serta mengatasi cacat las pada material tubular guna meningkatkan mutu dan keandalan rangka kendaraan dalam kondisi operasional di medan tempur. Pada bagian ini dijelaskan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam rangka pencapaian tujuan penelitian tersebut.

BAB IV Pengumpulan dan Pengolahan Data

Bab ini menyajikan data yang diperlukan untuk penelitian, yang diperoleh melalui penelitian lapangan dengan metode observasi langsung serta pengumpulan informasi dari berbagai sumber di dalam perusahaan. Data yang terkumpul kemudian dianalisis melalui serangkaian proses untuk menghasilkan temuan yang dapat menjadi solusi terhadap permasalahan yang ada, sekaligus menjadi dasar dalam pengambilan keputusan untuk merumuskan tindakan perbaikan guna peningkatan kualitas dalam proses produksi.

BAB V Analisis dan Pembahasan

Bab ini menyajikan hasil-hasil penelitian yang selanjutnya dianalisis secara sistematis sesuai dengan metode penelitian yang telah ditetapkan. Berdasarkan hasil analisis tersebut, akan dilakukan pembahasan terhadap permasalahan yang teridentifikasi, sehingga langkah-langkah perbaikan dapat diambil sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini.

BAB VI Kesimpulan dan Saran

Bab VI menyajikan kesimpulan dari seluruh rangkaian penelitian yang telah dilakukan, serta memberikan jawaban terhadap rumusan masalah yang telah

dijelaskan sepanjang proses penelitian tugas akhir. Selain itu, bab ini juga memuat saran-saran yang dapat dijadikan masukan untuk perbaikan dalam proses pengelasan produk rangka tubular pada kendaraan Taktis Ringan Maung BRIMOB 4x4 di PT. Pindad.

BAB II

LANDASAN TEORI

II.1 Pengenalan Kualitas

Menurut Hansen dan Mowen (2011), kualitas dalam bahasa Inggris berarti “*Quality is a relative measure of goodness*”. Definisi ini menyiratkan bahwa kualitas adalah tingkat keunggulan atau ukuran relatif seberapa baik suatu produk.

Menurut Garvin (2012), terdapat 5 perspektif terkait kualitas, salah satunya adalah persepsi kualitas dari sudut pandang orang yang menilainya, sehingga produk yang paling memuaskan preferensinya adalah produk yang memiliki kualitas paling tinggi kualitas.

Menurut (ISO 9001:2015), fokus pada pelanggan berarti organisasi harus:

1. Memahami kebutuhan pelanggan saat ini dan di masa depan,
2. Mengaitkan tujuan organisasi dengan kebutuhan tersebut, dan
3. Menghasilkan nilai yang lebih tinggi bagi pelanggan melalui produk/jasa.

Russel dan Taylor (2011) mengidentifikasi enam peran pentingnya kualitas yaitu:

1. Meningkatkan Reputasi Perusahaan

Perusahaan atau organisasi yang telah menghasilkan suatu produk atau layanan berkualitas akan menerima penghargaan organisasi mengutamakan kualitas seluruh produk yang dihasilkan. Sementara itu, masyarakat kini memiliki banyak pilihan produk dan jasa yang berbeda-beda, mulai dari yang murah hingga yang mahal, mulai dari produk yang paling sesuai dengan kebutuhan hingga produk yang kurang diminati.

2. Menurunkan Biaya

Produk yang dihasilkan tersebut dibuat sesuai dengan kemampuan perusahaan, sehingga standar kualitas yang digunakan juga hanya ditetapkan oleh pihak perusahaan. Hal ini disebabkan perusahaan atau organisasi tersebut berorientasi pada *customer satisfaction*, yaitu dengan mendasarkan jenis, tipe, waktu, dan jumlah produk yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan dan harapan pelanggan.

3. Meningkatkan Pangsa Pasar

Pangsa pasar akan meningkat bila minimasi biaya tercapai, karena organisasi atau perusahaan dapat menekan harga, walaupun kualitas tetap menjadi yang terutama. Hal-hal inilah yang mendorong konsumen untuk membeli dan membeli lagi produk atau jasa tersebut sehingga pangsa pasar meningkat.

4. Dampak Internasional

Dengan semakin meningkatnya persaingan kualitas produk atau jasa yang dihasilkan maka organisasi atau perusahaan akan dituntut untuk semakin bertanggung jawab terhadap desain, proses, dan pendistribusian produk tersebut untuk memenuhi kebutuhan dan harapan pelanggan. Selain itu, pihak perusahaan atau organisasi tidak perlu lagi mengeluarkan biaya yang begitu besar hanya untuk memberikan jaminan terhadap produk atau jasa yang ditawarkan tersebut.

5. Adanya Pertanggungjawaban Produk

Dampak Internasional Bila mampu menawarkan produk atau jasa yang berkualitas maka selain dikenal di pasar lokal, produk atau jasa yang tawarkan juga akan dikenal dan diterima di pasar internasional. Hal ini akan menimbulkan kesan yang baik terhadap perusahaan atau organisasi yang menghasilkan produk atau menawarkan jasa yang berkualitas tersebut. Organisasi atau perusahaan yang layak mendapatkan sertifikasi ISO seri 9000 hanya yang proses produksi dan operasinya standar dan ada bukti tertulisnya, bukan yang produknya berkualitas.

6. Penampilan Produk

Kualitas akan membuat produk atau jasa dikenal, dan hal ini akan membuat perusahaan atau organisasi yang menghasilkan produk atau menawarkan jasa juga dikenal dan dipercaya masyarakat luas. Dengan demikian, tingkat kepercayaan pelanggan dan masyarakat umumnya akan bertambah dan organisasi atau perusahaan tersebut akan lebih dihargai.

7. Mewujudkan Kualitas yang Dirasakan Penting

Persaingan yang saat ini bukan lagi masalah harga melainkan kualitas produk. Oleh karena itu, yang dimaksud dengan kualitas bukan hanya kualitas produk itu sendiri, melainkan kualitas secara menyeluruh. *Total quality* merupakan suatu pendekatan untuk melaksanakan bisnis yang berusaha memaksimalkan

persaingan organisasi melalui perbaikan secara menyeluruh dalam hal kualitas produk, layanan, orang, proses, dan lingkungan.

Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). Karakteristik utama manajemen kualitas meliputi:

1. Fokus pada pelanggan,
2. Kepemimpinan dan kesatuan tujuan,
3. Pengambilan keputusan berbasis fakta,
4. Keterlibatan dan pemberdayaan karyawan,
5. Pendidikan dan pelatihan berkelanjutan,
6. Kerja tim lintas fungsi
7. Continuous improvement.

II.1.1 *Total Quality Management*

Menurut (Kujala, Ullrank, 2004), *Total Quality Management* (TQM) tidak seharusnya dipandang hanya sebagai seperangkat alat atau teknik manajemen, melainkan sebagai perubahan fundamental dalam budaya organisasi. Mereka menegaskan bahwa keberhasilan implementasi TQM sangat bergantung pada keselarasan nilai dan asumsi dasar organisasi dengan prinsip-prinsip TQM, seperti perbaikan berkelanjutan, keterlibatan karyawan, dan fokus pada pelanggan, sehingga penerapannya menuntut perubahan budaya yang sistematis. Menurut (Gaspersz 2001), Manajemen kualitas total adalah suatu cara untuk terus meningkatkan efisiensi operasional (peningkatan kinerja berkelanjutan) pada semua tingkat operasi atau proses, di semua area fungsional organisasi, Menggunakan semua sumber daya manusia dan keuangan yang tersedia.

Total Quality Management (TQM) berfokus pada pelanggan. Pelanggan adalah orang yang dilayani. Perhatian terfokus kebutuhan dan harapan pelanggan. Untuk ini, semua orang akan melakukan penerapan TQM harus mengetahui karakteristik pelanggan dan oleh karena itu harus menentukan dan menganalisis kebutuhan dan harapan pelanggan tersebut sehingga sesuai harapan pelanggan.

Menurut Hensler dan Brunell (dalam Scheuing dan Cristopher, 1993:165-166, dalam Nasution 2001: 33-34), ada empat prinsip utama dalam TQM, yaitu sebagai berikut:

1. Kepuasan Pelanggan

Pada *Total Quality Management*, konsep menimba mutu serta pelanggan diperluas. Konsep tidak lagi hanya bermakna kesesuaian dengan spesifikasi-spesifikasi tertentu, namun mutu tersebut ditetapkan oleh pelanggan internal ataupun eksternal. Kebutuhan pelanggan diusahakan untuk terpenuhi dalam seluruh aspek, tercantum dalam harga, keamanan, serta ketetapan waktu, oleh sebab itu seluruh kegiatan industri wajib dikoordinasikan untuk memuaskan para pelanggan.

2. Respek terhadap Setiap Orang

Di perusahaan dengan kualitas kelas dunia, setiap karyawan dihormati Sebagai individu dengan bakat kreatif uniknya masing-masing. Dan oleh karena itu, karyawan adalah sumber daya mereka yang paling berharga perusahaan. Semua orang di organisasi sangat membutuhkan dan memberi kesempatan untuk berpartisipasi dalam tim pengambilan keputusan.

3. Manajemen Berdasarkan Fakta

Perusahaan kelas dunia didasarkan pada fakta. Artinya setiap keputusan selalu berdasarkan data dan bukan hanya perasaan. Ada dua konsep utama yang terkait dengan hal ini.

4. Perbaikan Berkesinambungan.

Setiap perusahaan harus menerapkan proses yang sistematis untuk melaksanakan perbaikan berkelanjutan. Konsep yang diterapkan disini adalah siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Action*), yang meliputi tahapan perencanaan, pelaksanaan rencana, verifikasi hasil pelaksanaan rencana, dan tindakan perbaikan atas hasil yang dicapai.

II.1.2 Pengendalian Kualitas

Menurut (Nasution, 2015) Pentingnya kualitas dapat dijelaskan dari dua sudut pandang, yaitu manajemen operasi dan manajemen pemasaran. Dari sudut pandang manajemen operasional, kualitas produk merupakan salah satu kebijakan penting untuk meningkatkan daya saing produk, dan harus memberikan kepuasan yang lebih tinggi kepada konsumen atau setidaknya kualitas yang setara. produk pesaing. Dari perspektif manajemen pemasaran, khususnya kualitas produk

merupakan salah satu elemen kunci dari bauran pemasaran produk, harga, promosi, dan saluran distribusi dapat meningkatkan penjualan dan meningkatkan pangsa pasar suatu perusahaan.

Menurut (Juran, 2017) menyatakan mutu itu memiliki banyak makna di antaranya ada tiga yang lazim dipakai, baik dalam khazanah keilmuan maupun dalam praktik, yaitu sebagai berikut:

1. Mutu adalah keistimewaan produk yang menjawab kebutuhan konsumen (*the excellence of product that answer the consumer's need*).
2. Mutu adalah bebas dari cacat atau defisiensi (*quality is zero defect*).
3. Mutu adalah kecocokan dengan tujuan penggunaan (*fitness for use*).

Pengendalian proses dapat diselidiki dengan cepat jika terjadi gangguan proses dan tindakan perbaikan dapat segera diambil sebelum terlalu banyak unit yang gagal memenuhi standar produksi. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengendalian kualitas meliputi:

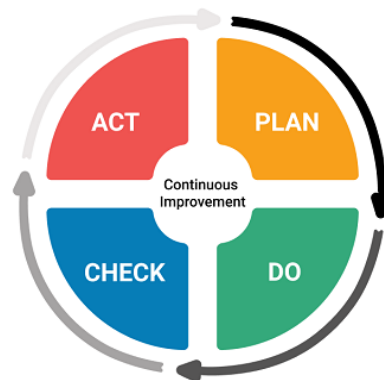
1. Aspek operator, khususnya keterampilan dan keahlian yang menangani produk.
2. Mengenai bahan baku adalah bahan yang disediakan oleh penjual.
3. Aspek mesin, yaitu jenis mesin dan bagian-bagian mesin yang digunakan dalam proses produksi.

Pengendalian mutu menjelaskan bahwa penggunaannya ditujukan untuk mengukur kepatuhan terhadap standar yang telah ditetapkan. Pengendalian kualitas adalah bagian dari pengujian, meskipun sering digunakan secara bersamaan dengan pengujian. Misalnya, akan menguji suatu produk untuk melihat apakah ada kesalahan atau cacat dan dengan kontrol kualitas yang ada, pada dasarnya jika produk tersebut cacat maka penyelidikan produk apa pun yang diuji gagal. Namun cara lain untuk melihat perbedaan antara eksperimental dan kontrol kualitas adalah tentang mempertimbangkan perbedaan antara pengujian sebagai suatu peristiwa dan pengujian sebagai bagian dari suatu sistem.

II.1.3 Langkah-langkah Pengendalian Kualitas

(Wulandari dan Amelia, 2012), pengendalian kualitas hendaknya dilakukan melalui proses yang terus-menerus dan berkesinambungan. Proses pengendalian kualitas dapat dilakukan melalui proses PDCA (*Plan, Do, Check,*

Action) yang dikenalkan oleh Edwards Deming, seorang ahli mutu terkenal yang kemudian disebut dengan Siklus Deming. Siklus PDCA sering digunakan untuk menguji dan menerapkan perubahan guna meningkatkan kinerja produk, proses, atau sistem di masa depan. Penjelasan tahapan siklus PDCA adalah sebagai berikut:



Gambar II. 1 Siklus PDCA (*Plan-Do-Check-Action*)

Sumber: W. Edwards Deming – *Out of the Crisis*

1. Membangun rencana (*Plan*). Merencanakan spesifikasi, menetapkan spesifikasi atau standar kualitas yang baik, membantu bawahan memahami pentingnya kualitas produk, dan pengendalian kualitas dilakukan secara terus menerus dan berkesinambungan.
2. Melaksanakan rencana (*Do*). Rencana yang telah disusun dilaksanakan secara bertahap, dimulai dari hal kecil dan pembagian tugas secara merata sesuai kemampuan dan bakat masing-masing pegawai.
3. Verifikasi atau review hasil yang diperoleh (*Check*). Audit atau studi melibatkan penentuan apakah implementasi berjalan sesuai rencana dan melacak kemajuan menuju perbaikan yang direncanakan.
4. Mengambil tindakan perbaikan jika diperlukan (*Action*). Penyesuaian dilakukan jika diperlukan, berdasarkan hasil analisis di atas. Penyesuaian melibatkan standarisasi proses baru untuk menghindari terulangnya masalah yang sama atau mengidentifikasi tujuan baru untuk perbaikan lebih lanjut.

II.2 Alat Bantu Pengendalian Kualitas

Pengendalian mutu statistik dilakukan dengan menggunakan alat statistik yang termasuk dalam *Statistical Process Control* (SPC) atau *Statistical Quality Control* (SQC). Peralatan kendali mutu berikut ini adalah:

1. *Check Sheet*

Check Sheet atau sering orang menyebutnya *Check List* atau *Tally Chart*, merupakan alat pertama dari tujuh alat dasar manajemen kualitas yang sederhana dan digunakan untuk mencatat dan mengklasifikasi data yang telah diamati. *Check Sheet* merupakan suatu daftar yang mengandung atau mencakup faktor-faktor yang ingin diselidiki. *Check Sheet* merupakan daftar yang berisi unsure-unsur yang mungkin terdapat dalam situasi atau tingkah laku atau kegiatan individu yang diamati.

Dari pengertian *Check Sheet* di atas disimpulkan bahwa *Check Sheet* merupakan salah satu metoda untuk memperoleh data yang berbentuk daftar yang berisi pernyataan dan pertanyaan yang ingin diselidiki dengan memberi tanda cek. Alat ini berupa lembar pencatatan data secara mudah dan sederhana, sehingga menghindari kesalahan-kesalahan yang mungkin terjadi dalam pengumpulan data tersebut. Umumnya *Check Sheet* berisi pertanyaan-pertanyaan yang dibuat sedemikian rupa, sehingga pencatat cukup memberikan tanda kolom yang telah tersedia, dan memberikan keterangan seperlunya.

Telephone Interruptions						
Reason	Day					
	Mon	Tues	Wed	Thurs	Fri	Total
Wrong number						20
Info request						10
Boss						19
Total	12	6	10	8	13	49

Gambar II. 2 Contoh *Check Sheet*

Sumber : (Besterfield, 2012)

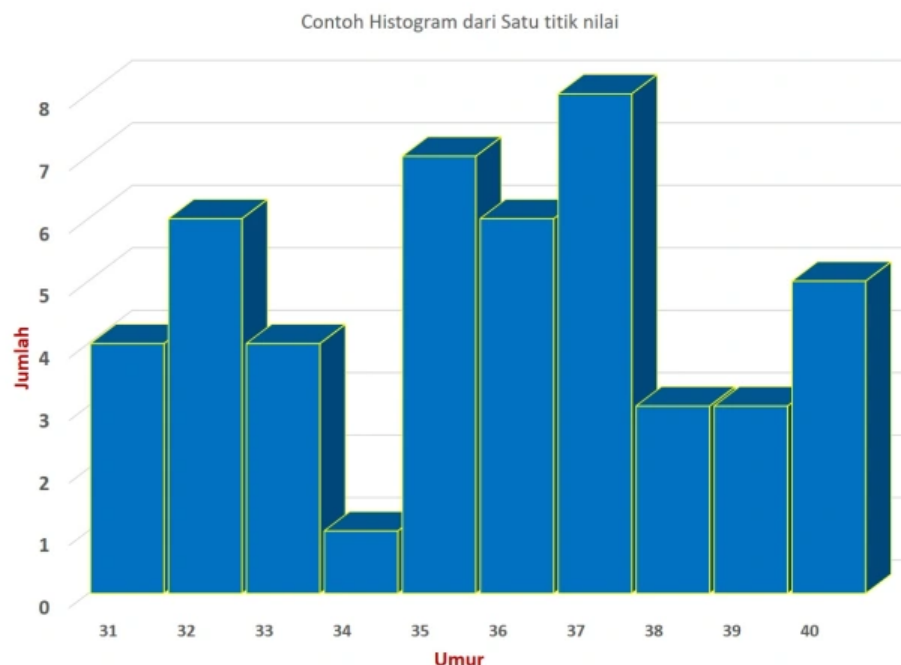
2. Diagram Stratifikasi

Diagram Stratifikasi adalah diagram yang menguraikan atau mengklasifikasikan persoalan menjadi kelompok atau golongan yang lebih kecil

atau menjadi unsur-unsur dari persoalan yang mempunyai karakteristik sama. Kegunaan dan manfaat diagram stratifikasi antara lain untuk melihat masalah dan mempersempit ruang lingkup masalah, sehingga dapat ditinjau dari satu segi saja, misalnya dari segi penyebab, waktu, lokasi bahan baku, orang dan sebagainya. Dasar pengelompokan atau stratifikasi sangat tergantung pada tujuan pengelompokan, sehingga dasar pengelompokan dapat berbeda-beda tergantung kepada permasalahannya.

3. Histogram

Histogram adalah representasi grafis yang secara visual menunjukkan distribusi data, atau seberapa sering nilai yang berbeda terjadi dalam suatu kumpulan data. Keuntungan menggunakan histogram adalah memberikan informasi tentang penyimpangan proses dan membantu manajer mengambil keputusan untuk terus meningkatkan proses (continuous process enhancement).

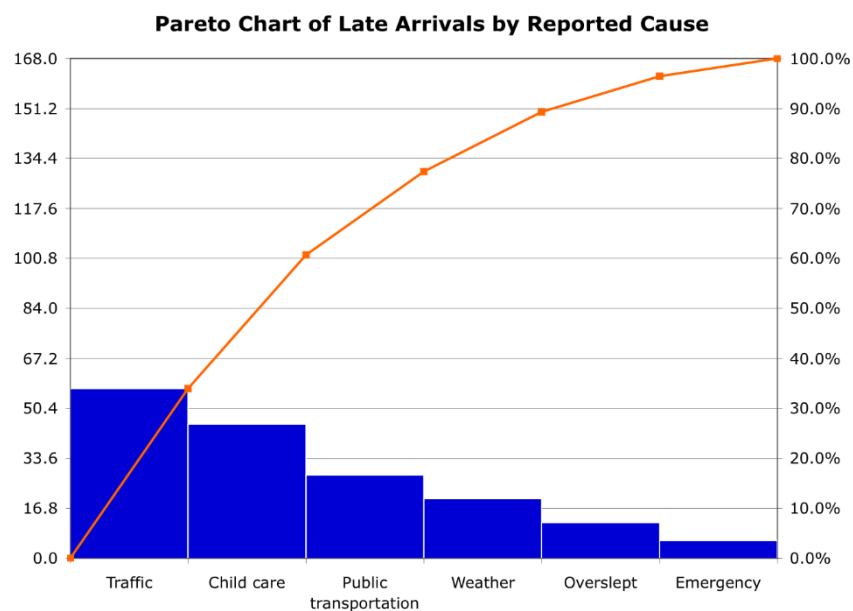


Gambar II. 3 Contoh Diagram Histogram

Sumber : (Besterfield, 2012)

4. Diagram *Pareto*

Pareto chart (bagan pareto) adalah bagan yang berisikan diagram batang (*bars graph*) dan diagram garis (*line graph*); diagram batang memperlihatkan klasifikasi dan nilai data, sedangkan diagram garis mewakili total data kumulatif. Klasifikasi data diurutkan dari kiri ke kanan menurut urutan ranking tertinggi hingga terendah. Ranking tertinggi merupakan masalah prioritas atau masalah yang terpenting untuk segera diselesaikan, sedangkan ranking terendah merupakan masalah yang tidak harus segera diselesaikan.

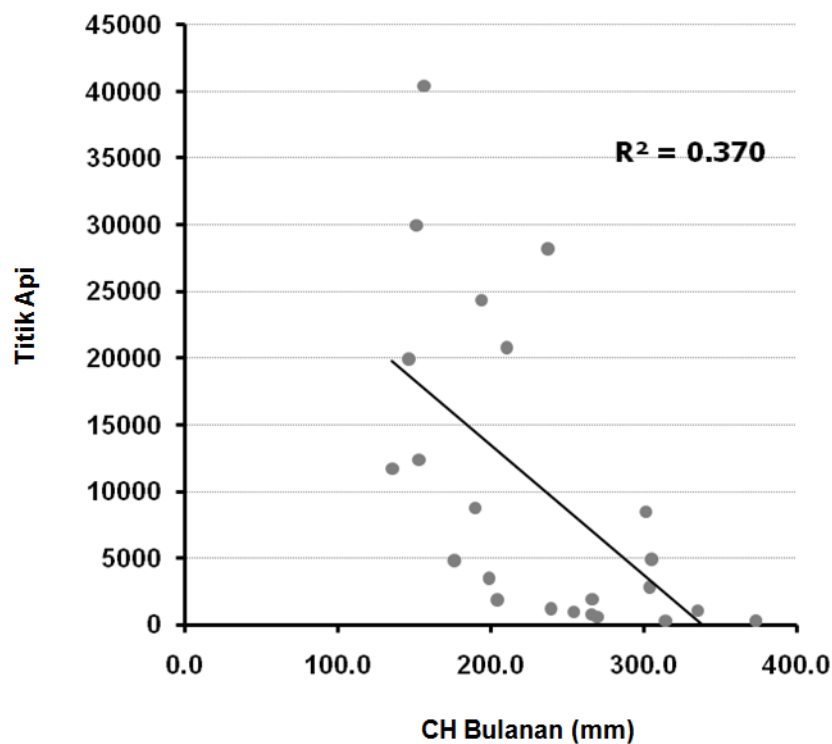


Gambar II. 4 Contoh Diagram Pareto

Sumber : (Besterfield, 2012)

5. Diagram *Scatter*

Scatter Diagram merupakan alat bantu statistik yang digunakan untuk menentukan hubungan *Cause and Effect* diantara dua variabel yang berbeda. Dengan menggunakan *Scatter Diagram* kita akan mengetahui apakah hubungan dari dua variabel tersebut positif atau negatif. Kemiringan diagram menunjukkan jenis hubungan yang terjadi.

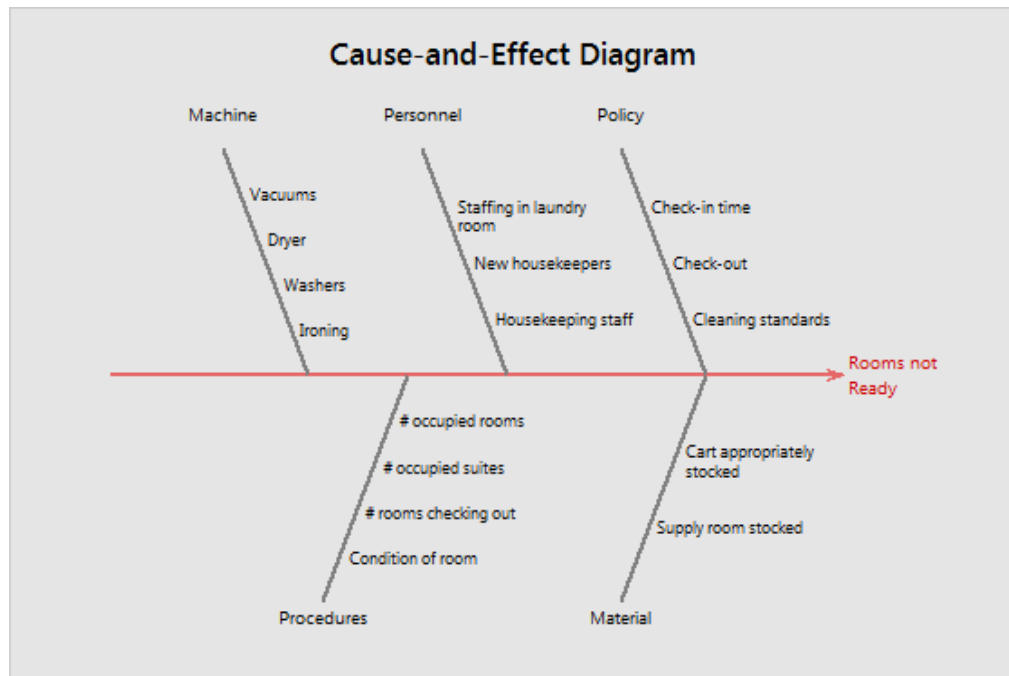


Gambar II. 5 Contoh Diagram *Scatter*

Sumber : (Besterfield, 2012)

6. Diagram *Fishbone*

Fishbone Diagram atau *Cause and Effect* Diagram merupakan salah satu alat (*tools*) dari QC 7 tools yang dipergunakan untuk meng-identifikasi dan menunjukkan hubungan antara sebabdan akibat agar dapat menemukan akar penyebab dari suatu permasalahan. *Fishbone* Diagram dipergunakan untuk menunjukkan Faktor-faktor penyebab dan akibat kualitas yang disebabkan oleh Faktor-faktor penyebab tersebut.

Gambar II. 6 Contoh Diagram *Fishbone*

Sumber : (Besterfield, 2012)

7. Control Chart

Menurut (Eddy Harjanto, 2008) *Control chart* ialah grafik yang digunakan untuk membedakan/memisahkann hasil dari suatu proses yang berada dalam kendali dan yang tidak.

Ada tiga jenis garis kendali pada peta kendali. *Upper Control Limit* (UCL) adalah batas kendali atas, dan "garis tengah" adalah garis tengah yang ditandai dengan simbol $\bar{X}$ (rata-rata) atau R (rentang). *Lower Control Limit* (LCL) adalah batas kendali bawah. Titik-titik dalam peta kendali mewakili bagian-bagian dari proses produksi, dan data terpilah mewakili subkelompok.

Control Chart dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu peta kendali data atribut (diskrit) dan peta kendali variabel (kontinu). Berikut penjelasan perbedaan peta kendali.

Peta kendali untuk data atribut

Data atribut merupakan data kualitatif yang dapat dihitung dan diperoleh dalam bentuk satuan-satuan yang tidak sesuai dengan spesifikasi atribut yang ditentukan atau sulit dinyatakan secara numerik. Atribut adalah ketika suatu

unit produk diklasifikasikan cacat atau baik. Berikut adalah langkah-langkah membuat diagram kendali atribut.

- Peta kendali proporsi (p)

Peta kendali proporsional (p) digunakan untuk data yang terdiri dari rasio jumlah kejadian terhadap jumlah total kejadian dan digunakan dalam pengendalian kualitas untuk melaporkan unit yang tidak sesuai dalam suatu produk. Bilangan n tidak harus berupa konstan. Berikut merupakan langkah pembuatan peta kendali yang dilansir dari (Tanti Octavia, 2000).

Langkah-langkah pembuatan peta kendali p:

1. Lakukan pemeriksaan terhadap n buah item yang cacat (p).
2. Untuk setiap pemeriksaan (sampel i), hitung fraksi cacat dengan persamaan:

$$p_i = \frac{x}{n} \quad (2.1)$$

3. Hitung rata-rata fraksi cacat dari seluruh item yang diperiksa dengan persamaan

$$\bar{p} = \frac{\text{Total Jumlah yang Ditolak}}{\text{Total Jumlah yang Diperiksa}} \quad (2.2)$$

4. Hitung standar deviasi fraksi cacat dengan persamaan:

$$S_i = \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.3)$$

5. Buat peta p dengan batas-batas kendali sebagai berikut :

❖ Garis tengah (*Central Limit*)

$$CL = \bar{p} \quad (2.4)$$

❖ Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit*)

$$UCL = \bar{p} + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.5)$$

❖ Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit*)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.6)$$

Keterangan formulasi :

p_i = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

$\bar{p}$ = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

x = banyaknya produk yang salah dalam setiap sampel

n_i = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi

UCL = Batas Pengendalian Atas

LCL = Batas Pengendalian Bawah

6. Plot fraksi cacat p untuk setiap pemeriksaan (sampel) pada peta kendali yang dibuat pada langkah lima. Jika terdapat data-data yang keluar dari kontrol dan diketahui penyebabnya, buang data dan lakukan perhitungan ulang untuk mendapatkan CL, UCL, dan LCL revisi sampai semua data berada dalam batas kendali.
7. Interpretasikan peta kendali yang terbentuk dan lakukan analisis terhadapnya.

- Peta kendali np

Peta kendali np digunakan untuk mengetahui jumlah item yang tidak memenuhi syarat dan jumlah n harus konstan. Langkah-langkah pembuatan peta kendali np :

1. Catat jumlah cacat tiap lot yang diperiksa.
2. Hitung rata-rata jumlah cacat dengan persamaan :

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i p_i}{\sum_{i=1}^k n_i} \quad (2.7)$$

3. Hitung garis sentral dari peta np :

$$n\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i p_i}{\sum_{i=1}^k \text{sub grup}} \quad (2.8)$$

4. Hitung standar deviasi jumlah cacat dengan persamaan :

$$S_i = \sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})} \quad (2.9)$$

5. Buat peta np dengan batas-batas kendali sebagai berikut :

❖ Garis tengah (*Central Limit*)

$$CL = \bar{p} \quad (2.10)$$

❖ Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit*)

$$UCL = p + 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.11)$$

❖ Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit*)

$$LCL = \bar{p} - 3 \sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n_i}} \quad (2.12)$$

Keterangan formulasi :

$\bar{p}_i$ = proporsi kesalahan dalam setiap sampel

$\bar{p}$ = garis pusat peta pengendali proporsi kesalahan

n_i = banyaknya sampel yang diambil dalam inspeksi (konstan)

UCL = Batas Pengendalian Atas

LCL = Batas Pengendalian Bawah

6. Plot titik-titik np pada peta yang terbentuk. Pada tahap konstruksi peta ini jika terdapat data-data yang keluar dari control dan diketahui penyebabnya, buang data dan lakukan perhitungan ulang untuk mendapatkan CL, UCL, dan LCL revisi sampai semua data berada dalam batas kendali.
7. Interpretasikan peta kendali yang terbentuk dan lakukan analisis terhadapnya.

- Peta kendali c

Peta kendali c digunakan apabila ukuran sampel sama dengan satu unit pemeriksaan, selain itu grafik ini dapat ditetapkan untuk mengendalikan performansi dari operator, stasiun kerja, atau sebuah shift kerja dengan syarat jumlah n harus konstan. Langkah-langkah pembuatan peta kendali c :

1. Menentukan karakteristik dari kualitas.
2. Keputusan mengenai dasar pembuatan *subgroup*.
3. Pemilihan jenis peta kendali yang akan digunakan.
4. Menyiapkan formulir pencatatan data (*Check Sheet*).
5. Pencatatan data hasil pengamatan.
6. Perhitungan nilai rata-rata jumlah *defective*.

$$\mu\bar{c} = \frac{\sum c_i}{k} \quad (2.13)$$

7. Perhitungan batas-batas kendali percobaan.

❖ Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit*)

$$UCL = \mu\bar{c} + 3\sqrt{\mu\bar{c}} \quad (2.14)$$

❖ Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit*)

$$UCL = \mu\bar{c} - 3\sqrt{\mu\bar{c}} \quad (2.15)$$

Keterangan formulasi :

- $\sum c_i$ = Jumlah produk tidak sesuai
 k = Jumlah pengamatan
 UCL = Batas Pengendalian Atas
 LCL = Batas Pengendalian Bawah

8. Plot titik-titik batas kendali

9. Penarikan kesimpulan dari peta kendali

- Peta kendali u

Peta kendali u digunakan untuk menggambarkan jumlah cacat per unit. Penggunaanya sama dengan peta control c , tetapi jumlah sampel n tidak harus konstan. Langkah-langkah pembuatan peta kendali u :

1. Tentukan karakteristik dari kualitas.
2. Buatlah keputusan mengenai dasar pembuatan subgroup.
3. Pemilihan jenis peta kendali yang akan digunakan.
4. Menyiapkan formulir pencatatan data (*check sheet*).
5. Pencatatan data hasil pengamatan.
6. Perhitungan banyaknya *defective* rata-rata per unit pemeriksaan.

$$U_i \frac{C_i}{n_i} \quad (2.16)$$

$$\bar{u} \frac{\sum c_i}{\sum n_i} = \frac{\text{Jumlah Ketidaksesuaian yang diperoleh}}{\text{Jumlah unit pengukuran yang diperiksa}} \quad (2.17)$$

7. Perhitungan batas-batas kendali percobaan.

$$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (2.18)$$

$$LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n_i}} \quad (2.19)$$

Keterangan formulasi :

- $\bar{u}$ = unit cacat per sampel
 c_i = unit cacat ke- i
 n_i = jumlah sampel inspeksi ke- i

8. Plot titik-titik dan batas kendali.
9. Penarikan kesimpulan dari peta kendali.

a. Peta kendali untuk data variabel

Peta kendali untuk data variabel menggunakan data yang memiliki variasi atau penyimpangan yang sesuai dengan standar yang ditentukan. Peta kendali yang digunakan untuk data variabel yaitu peta kendali $\bar{X}$, peta kendali R dan peta kendali S. Langkah-langkah pembuatan peta kendali variabel :

1. Menentukan ukuran sub grup (n)
2. Menentukan banyaknya *subgroup* (k)
3. Kumpulkan data (x) dan kelompokkan dalam sampel berukuran.
4. Lakukan perhitungan tiap sampel.

❖ Harga rata-rata sampel dengan persamaan :

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{k} \quad (2.20)$$

❖ Harga Range :

$$R = \frac{\sum R}{k} \quad (2.21)$$

5. Nilai koefisien untuk sub grup pada tabel A₂, d₂, D₃, dan D₄
6. Lakukan perhitungan peta control X dan peta control R.

❖ Peta Kontrol X :

$$CL = \bar{X} \quad (2.22)$$

$$UCL = \bar{X} + (A_2 R) \quad (2.23)$$

$$LCL = \bar{X} - (A_2 R) \quad (2.24)$$

❖ Peta Kontrol R :

$$CL = R \quad (2.25)$$

$$UCL = D_4 R \quad (2.26)$$

$$LCL = D_3 R \quad (2.27)$$

Keterangan formulasi :

$\bar{X}$ = Rata-rata nilai X pada subgroup sampel ke i

k = banyaknya sampel pada subgroup ke i (sampel size)

$\sum X_i$ = Jumlah nilai X pada subgroup sampel ke i

7. Hitung batas kendali dari peta kendali X:

$$UCL = \bar{X} + (A3 S) \quad (2.28)$$

$$LCL = \bar{X} - (A3 S) \quad (2.29)$$

8. Hitung batas kendali dari peta kendali S:

$$UCL = B4 S \quad (2.30)$$

$$LCL = B3 S \quad (2.31)$$

9. Plot data $\bar{X}$ dan S pada peta kendali $\bar{X}$ dan S serta amati apakah data tersebut berada dalam pengendalian atau tidak berada dalam pengendalian.

8. Stratification

Stratifikasi (*Stratification*) adalah proses atau teknik yang mengelompokkan populasi atau data ke dalam kelompok yang lebih kecil atau kategori berdasarkan karakteristik atau atribut tertentu. Ini dilakukan untuk menganalisis data dengan lebih akurat dan memahami variabilitas atau perbedaan antara kelompok tersebut. Metode ini dapat membantu dalam pengambilan keputusan, analisis statistik, atau penelitian karena memungkinkan penekanan pada karakteristik atau atribut tertentu dari kelompok-kelompok tersebut.

Kapabilitas Proses

Menghitung indeks kapabilitas proses (C_p):

Dimana

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (2.32)$$

$$\sigma = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (2.33)$$

Keterangan formulasi:

USL = hasil pengukuran dengan nilai terbesar

LSL = hasil pengukuran dengan nilai terkecil

σ = Sigma

$\bar{R}$ = Rata-rata $X_{maks} - X_{min}$ per periode pengamatan

d_2 = nilai koefisien (terdapat pada tabel koefisien)

Kriteria Penilaian *Capability Process*:

- ❖ Jika $C_p > 1,33$, kapabilitas proses sangat baik.
- ❖ Jika $1,00 \leq C_p \leq 1,33$, kapabilitas proses baik.
- ❖ Jika $C_p < 1,00$, kapabilitas proses rendah.

Menghitung indeks Cpk.

$Cpk = \text{Minimum} \{CPU, CPL\}$

$$\text{Dimana: } CPU = \frac{USL - x}{3s} \text{ dan } CPL = \frac{x - LSL}{3s} \quad (2.34)$$

Kriteria penilaian untuk CPK:

- ❖ Jika $Cpk = Cp$, proses tepat berada di center.
- ❖ Jika $Cpk = 1$, proses menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi.
- ❖ Jika $Cpk < 1$, proses menghasilkan produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi.
- ❖ Kondisi Ideal CPK yaitu: $Cp > 1,33$ dan $Cp = Cpk$.

II.3 *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Kualitas adalah salah satu elemen yang dapat menjadi modal dan alat yang tangguh bagi perusahaan mana pun untuk bertahan dan unggul dalam pasar bebas. Memenuhi keinginan dan kebutuhan konsumen adalah kualitas (Gaspersz, 2001). Kualitas, menurut (Tannady, 2015), didefinisikan sebagai upaya produsen untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan dengan memenuhi kebutuhan, ekspektasi, dan bahkan harapan pelanggan. Oleh karena itu, beberapa pendapat di atas berpendapat bahwa kualitas adalah upaya produsen untuk memenuhi kebutuhan dan kepuasan pelanggan sesuai dengan standar atau spesifikasi yang sudah ditentukan. Faktor-faktor berikut dapat digunakan untuk menentukan kualitas yang baik atau buruk (Tannady, 2015):

1. *Performance* (kinerja), yaitu karakteristik pokok dari produk inti seperti apakah performa sebuah printer mampu melaksanakan tugasnya yaitu mencetak kedalam kertas.
2. *Features*, yaitu karakteristik pelengkap atau tambahan seperti sebuah handphone yang digunakan sebagai alat komunikasi, namun dapat juga memotret gambar.
3. *Reliability* (kehandalan), yaitu kemungkinan tingkat kegagalan pemakaian.
4. *Conformance* (kesesuaian), yaitu sejauh mana karakteristik desain dan operasi memenuhi standar – standar yang telah ditetapkan sebelumnya.
5. *Durability* (daya tahan), yaitu berapa lama ketahanan produk dapat terus digunakan.

6. *Serviceability*, yaitu meliputi kecepatan, kompetensi, kenyamanan, kemudahan dalam pemeliharaan dan penanganan keluhan yang memuaskan.
7. *Aesthetics* (Estetika), yaitu dimensi yang berorientasi visual menyangkut corak, rasa dan daya tarik produk.

Menurut (Chrysler, 2008) Berikut adalah beberapa tujuan dari penerapan FMEA:

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan proses dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.
2. Memperkirakan risiko penyebab tertentu yang menyebabkan kegagalan.
3. Mengevaluasi rencana pengendalian untuk mencegah kegagalan.
4. Melaksanakan prosedur yang diperlukan untuk memperoleh suatu proses bebas dari kesalahan.

Menurut (McDermott, R., 2009), ada beberapa langkah untuk menggunakan metode FMEA:

1. Memeriksa atau memilih produk yang akan diamati

Sebelum melakukan penelitian, sebaiknya melakukan peninjauan ulang agar memiliki pemahaman yang sama tentang produk atau proses, sehingga lebih mudah untuk menemukan kegagalan. Penelitian ini menganalisis masalah dengan menggunakan diagram pareto. Diagram pareto membantu karena menunjukkan masalah mana yang harus diprioritaskan untuk diperbaiki dan menempatkan perhatian pada masalah utama yang perlu diperbaiki.

2. Mengidentifikasi kemungkinan kegagalan atau kecacatan produk

Pada langkah ini, diagram Pareto juga digunakan untuk menentukan tingkat jenis cacat produk yang paling sering terjadi. Diagram Pareto akan menemukan area dalam kumpulan data yang memiliki frekuensi tertinggi dan memisahkan beberapa area penting yang harus diperbaiki terlebih dahulu.

3. Mengidentifikasi alasan dan konsekuensi dari kegagalan atau kecacatan

Setelah mengidentifikasi kemungkinan kegagalan, peninjauan dilakukan untuk mengidentifikasi dampak dan sumber kegagalan. Kajian ini menggunakan diagram *fishbone*, alat bantu kualitas. Diagram ini menggambarkan penyebab penyimpangan kualitas, dan kepala menggambarkan penyimpangan yang terjadi.

Memeriksa lima proses utama yaitu manusia, mesin, bahan baku, metode, dan lingkungan.

4. *Severity*

Seberapa serius dampak yang akan ditimbulkan jika kegagalan terjadi dikenal sebagai tingkat keparahan. Dalam beberapa kasus, tingkat serius masalah dapat dengan mudah diketahui berdasarkan pengalaman masa lalu. Dalam kasus lain, penentuan tingkat serius bergantung pada pengetahuan dan keahlian anggota tim FMEA.

Tabel II. 1 Contoh *Rating Severity*

Efek	Kriteria	Rating
<i>None</i>	Tidak ada efek yang perlu diperhatikan oleh pelanggan. Kegagalan tidak akan berpengaruh pada pelanggan.	1
<i>Very Minor</i>	Gangguan yang sangat kecil terhadap lini produksi. Sebagian kecil dari produk mungkin harus dikerjakan ulang. Cacat diperhatikan dengan cara membedakan pelanggan.	2
<i>Minor</i>	Gangguan kecil terdapat pada jalur produksi. Porsi kecil (<5%) yaitu dimana produk mungkin harus dikerjakan ulang. Proses naik, tapi kecil adanya gangguan	3
<i>Very Low</i>	Gangguan yang sangat rendah terhadap lini produksi. Porsi moderat (<10%) yaitu dimana produk yang rendah mungkin harus dikerjakan ulang dimana proses naik, tapi kecil adanya gangguan	4
<i>Low</i>	Gangguan rendah pada jalur produksi sebuah porsi sedang (<15%) yaitu dimana produk mungkin harus dikerjakan ulang. Proses naik, tapi beberapa gangguan tetap ada namun masih dalam batas toleransi.	5
<i>Moderate</i>	Gangguan sedang terhadap produksi garis. Porsi moderat (>20%) yaitu dimana produk mungkin harus dibatalkan Prosesnya, tapi beberapa ketidaknyamanan tetap ada.	6
<i>High</i>	Gangguan utama pada jalur produksi sebuah porsi (>30%) yaitu dimana produk mungkin memiliki untuk dibatalkan Prosesnya mungkin berhenti pelanggan tidak puas.	7

Efek	Kriteria	Rating
<i>Very High</i>	Gangguan utama pada jalur produksi. Hampir 100% yaitu dimana produk mungkin memiliki untuk dibatalkan Prosesnya atau tidak bisa diandalkan. Dalam hal ini pelanggan sangat tidak puas.	8
<i>Hazard with Warning</i>	Dapat membahayakan operator atau peralatan. Sangat mempengaruhi proses operasi yang aman dan/atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap regulasi pemerintah. Kegagalan akan terjadi terjadi dengan peringatan	9
<i>Hazard With No Warning</i>	Dapat membahayakan operator atau peralatan. Sangat mempengaruhi proses operasi yang aman dan/atau melibatkan ketidakpatuhan terhadap regulasi pemerintah. Kegagalan terjadi tanpa peringatan	10

Sumber: (McDermott, 2008)

5. Occurance

Occurance didefinisikan sebagai jumlah faktor penyebab atau ketidaksesuaian atau cacat pada produk muncul. Berikut merupakan contoh *occurance*.

Tabel II. 2 Contoh Rating *Occurance*

Kriteria	Frekuensi Kejadian	Rating
<i>Remote</i>	0.01 per 1000 item	1
<i>Low</i>	0.1 per 1000 item	2
	0.5 per 1000 item	3
<i>Moderate</i>	1 per 1000 item	4
	2 per 1000 item	5
	5 per 1000 item	6
<i>High</i>	10 per 1000 item	7
	20 per 1000 item	8
<i>Very High</i>	50 per 1000 item	9
	100 per 1000 item	10

Sumber: (McDermott, 2008)

6. *Detection*

Detection merupakan kemampuan atau kontrol dalam mendeteksi penyebab atau terjadinya kecacatan. Penilaian deteksi dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel II. 3 Contoh Tabel *Detection*

<i>Rating</i>	Kriteria	Frekuensi Kejadian
1	Metode pencegahan sangat efektif. Tidak ada kesempatan penyebab kemungkinan	0.01 per 1000 item
2	Kemungkinan penyebab terjadi kegagalan sangat rendah	0.1 per 1000 item
3		0.5 per 1000 item
4	Kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan bersifat moderate. Metode pencegahan kurang efektif, masalah terkadang masih berulang.	1 per 1000 item
5		2 per 1000 item
6		5 per 1000 item

Sumber: (McDermott, 2008)

7. *Risk Priority Number (RPN)*

Risk priority number (RPN) merupakan produk matematis dari keseriusan *effect (Severity)*, kemungkinan terjadinya cause akan menimbulkan kegagalan yang berhubungan dengan *effects (Occurance)*, dan kemampuan untuk mendeteksi kegagalan sebelum terjadi pada pelanggan (*Detection*).

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

8. *Worksheet Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

Dalam pengimplentasiannya *design FMEA* dan *process FMEA* memiliki bentuk dokumen pencatatan. Perbedaan antara keduanya hanya ada pada kolom pertamanya bila *design FMEA* kolom pertama diisi dengan item, sedangkan *process* kolom pertama diisi dengan *process*. Berikut adalah contoh *worksheet* dari FMEA.

Failure Mode and Effects Analysis Worksheet																	
Process or Product: _____ FMEA Team: _____ Team Leader: _____										FMEA Number: _____ FMEA Date: (Original) _____ (Revised) _____							
FMEA Process										Page: 1 of 1 Action Results							
Line	Component and Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Potential Cause(s) of Failure	Occurrence	Current Controls, Prevention	Current Controls, Detection	Detection	RPN	Recommended Action	Responsibility and Target Completion Date	Action Taken	Severity	Occurrence	Detection	RPN
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	

Gambar II. 7 Contoh *Worksheet Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*

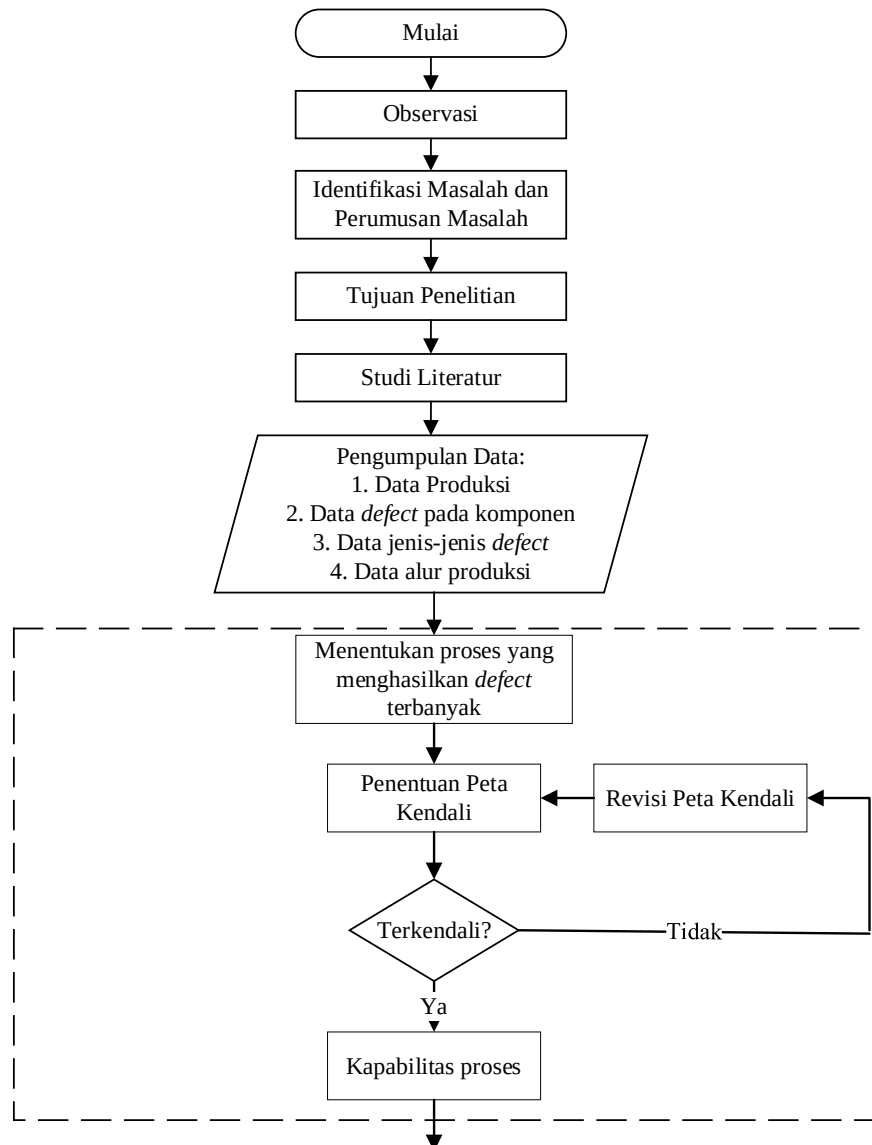
II.4 Six Sigma

Six Sigma merupakan metode manajemen kualitas yang bertujuan untuk meningkatkan kinerja proses dengan mengurangi variasi dan menekan tingkat kecacatan (*defects*) melalui pendekatan berbasis data dan analisis statistik, dengan target kinerja sebesar 3,4 cacat per satu juta peluang (*defects per million opportunities/DPMO*). Dalam penerapannya, *Six Sigma* menggunakan kerangka kerja DMAIC yang meliputi tahap *Define* untuk mengidentifikasi masalah dan kebutuhan pelanggan, *Measure* untuk mengukur kinerja proses, *Analyze* untuk menganalisis akar penyebab permasalahan, *Improve* untuk merancang dan menerapkan perbaikan, serta *Control* untuk memastikan keberlanjutan hasil perbaikan, sehingga metode ini dipandang sebagai pendekatan yang sistematis dan efektif dalam meningkatkan kualitas dan efisiensi proses organisasi.

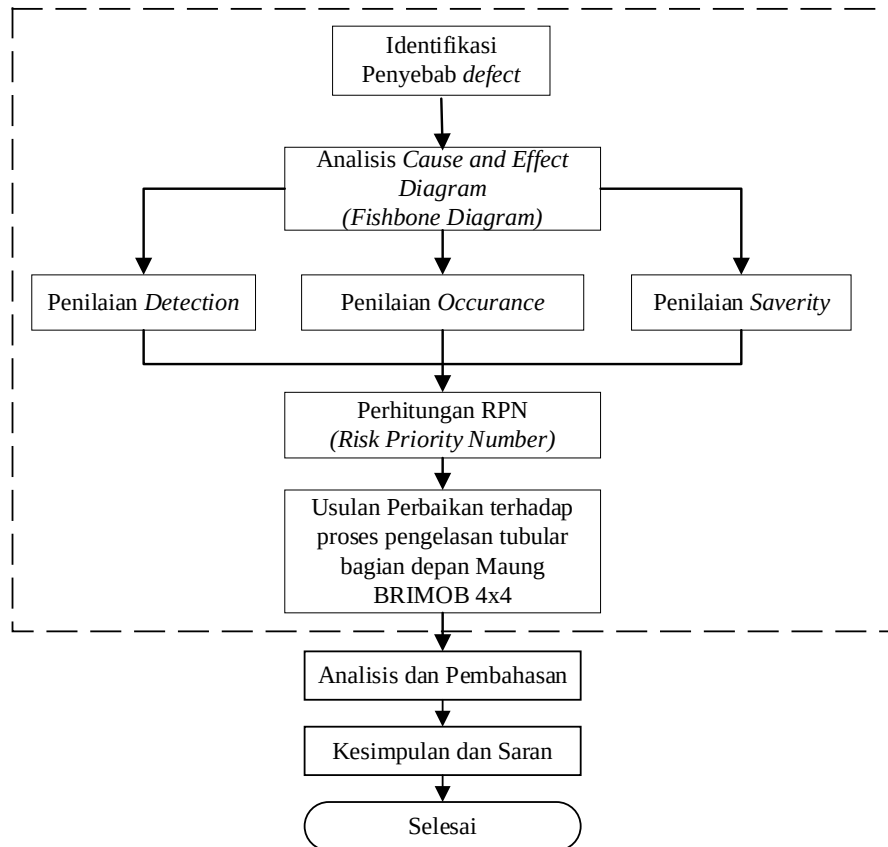
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini merupakan penjelasan mengenai urutan langkah dalam memecahkan masalah mengenai penurunan kualitas produk tubular kendaraan ringan Taktis Maung BRIMOB 4x4 pada PT. Pindad. Berikut ini merupakan urutan pemecahan masalah yang dituliskan dalam bentuk *flowchart*.



Gambar III. 1 *Flowchart* Pemecahan Masalah



Lanjutan Gambar III.1 *Flowchart Pemecahan Masalah*

III.1 Identifikasi Masalah

Tahapan pertama dalam melakukan penelitian ini adalah melakukan identifikasi masalah dengan cara wawancara dan observasi yang terdapat pada tabel I.1.

a. Wawancara

Pada tahap ini wawancara dilakukan pada salah satu pegawai *Quality Assurance* (QA) yang bertanggung jawab atas proses inspeksi dan operator lapangan yang bekerja dalam proses produksi Tubular Maung BRIMOB 4x4 diwawancarai. Tujuan wawancara ini adalah untuk mengetahui data mengenai kendaraan Maung 4x4 Brimob.

b. Observasi

Pada tahapan observasi ini dilakukan dengan secara langsung di PT. Pindad pada divisi kendaraan khusus dengan cara mengamati pekerjaan atau aktivitas produksi Tubular Maung BRIMOB 4x4 untuk mengetahui *defect* atau

kecacatan dari proses pengelasan Tubular Maung BRIMOB 4x4. Pada proses pengelasan terdapat beberapa jenis *defect* produk. PT. Pindad bertujuan untuk mengurangi jumlah komponen yang cacat dan menjaga kualitas produk.

III.2 Landasan Teori

Landasan teori merupakan langkah-langkah yang dilakukan peneliti untuk menyelaraskan permasalahan PT. Pindad serta metode dan alat yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Landasan teori yang digunakan berasal dari buku, jurnal, dan makalah penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini meliputi konsep kualitas, pengendalian kualitas, alat peningkatan kualitas, dan analisis mode kegagalan dan efek (FMEA).

Penelitian ini dilaksanakan dengan mengumpulkan data produksi dan data *defect* pada rangka tubular sebagai objek penelitian. Pengumpulan data tersebut bertujuan untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan sehingga proses analisis dapat dilakukan secara sistematis dan penelitian dapat berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan.

III.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data berisi data yang didapatkan ketika melakukan wawancara. Berikut ini merupakan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini:

1. Data Produksi

Data produksi merupakan data jumlah produksi dari unit Maung BRIMOB 4x4 yang diproduksi oleh PT. PINDAD pada periode bulan Juli 2022 sampai dengan bulan November 2022

2. Data Jumlah *Defect*

Data jumlah komponen *defect* yang diperoleh pada periode bulan Juni 2022 sampai dengan bulan November 2022, bertujuan untuk mengetahui proses mana yang paling banyak mengalami *defect* pada proses produksi Tubular Maung BRIMOB 4x4.

3. Data Jenis-Jenis *Defect*

Data yang memuat jenis-jenis *defect* yang digunakan untuk proses identifikasi penyebab kegagalan pada proses produksi Tubular Maung BRIMOB 4x4.

4. Data Alur Produksi

Merupakan data yang di dalamnya terdapat informasi mengenai tahapan proses produksi Tubular Maung BRIMOB 4x4

5. Data *Inspection*

Data ini memiliki kegunaan untuk mengetahui *defect* apa yang dilakukan pada proses pengecekan Tubular Maung BRIMOB 4x4 yang dilakukan oleh bagian QA (*Quality Assurance*).

III.4 Pengolahan Data

Setelah dilakukan pengumpulan data selanjutnya melakukan pengolahan data dengan melakukan beberapa tahap seperti dibawah ini:

III.4.1 Penentuan Proses

Pada tahapan ini, tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi proses yang mengalami *defect* terbanyak selama proses produksi dari bulan Juli hingga November 2022.

III.4.2 Penentuan Peta Kendali

Penentuan peta kendali dilakukan untuk mengetahui *process capability* pada proses pengelasan rangka tubular. Dalam pelaksanaannya, digunakan peta kendali proporsi (p-chart) sebagai alat pengendalian kualitas. Peta kendali p memerlukan input berupa data jumlah kesalahan atau *defect* pada hasil pengelasan rangka tubular dalam setiap periode atau sampel pengamatan. Melalui peta kendali p, proporsi produk cacat dapat dipantau untuk mengetahui apakah proses pengelasan masih berada dalam batas kendali yang telah ditetapkan atau menunjukkan adanya penyimpangan yang perlu dilakukan tindakan perbaikan.

Penggunaan peta kendali p dipilih karena data yang dianalisis bersifat atribut, yaitu mengklasifikasikan produk ke dalam kategori cacat atau tidak cacat, bukan data pengukuran numerik. Selain itu, peta kendali p sesuai digunakan pada kondisi jumlah sampel yang tidak selalu konstan pada setiap pengamatan,

sehingga relevan dengan kondisi proses produksi rangka tubular. Dengan demikian, peta kendali p mampu memberikan gambaran yang akurat mengenai kestabilan proses pengelasan serta membantu dalam evaluasi kemampuan proses secara berkelanjutan. Berikut ini adalah Langkah pembuatan peta kendali p:

1. Melakukan pemeriksaan terhadap n buah item yang cacat (p).
2. Untuk setiap pemeriksaan (sampel i), hitung fraksi cacat sesuai dengan persamaan.
3. Hitung rata-rata fraksi cacat dari seluruh item yang diperiksa sesuai dengan persamaan.
4. Hitung standar deviasi fraksi cacat sesuai dengan persamaan.
5. Buat peta kendali p dengan batas-batas sebagai berikut:
 Garis Tengah (*Cetral Line*) sesuai dengan persamaan.
 Batas kendali atas (*Upper Control Limit*) sesuai dengan persamaan.
 Batas kendali bawah (*Lower Control Limit*) sesuai dengan persamaan.
6. Plot fraksi cacat p untuk setiap pemeriksaan (sampel) pada peta kendali yang dibuat pada Langkah 5. Jika terdapat data-data yang keluar dari kendali dan penyebabnya diketahui, buang data tersebut dan lakukan perhitungan ulang untuk mendapatkan CL, UCL, dan LCL yang direvisi sampai semua data berada pada batas kendali.
 Dilakukannya peta kendali p , dapat memantau dan mengendalikan kualitas komponen Tubular yang diproduksi melalui pengelasan dengan lebih baik.

III.4.3 Analisis Cause and Effect Diagram

Setelah proses produksi diketahui, masalah utama yang menyebabkan *defect* mesin atau proses akan ditentukan. Untuk menunjukkan hubungan sebab-akibat yang mempengaruhi kualitas produk, diagram *fishbone* digunakan sebagai alat statistik. Faktor-faktor penyebab *defect* ini akan digunakan sebagai dasar untuk membuat usulan perbaikan kualitas.

III.4.4 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Pada langkah ini, proses produksi mana yang paling sering menyebabkan *defect* pada produk yang telah dipilih sebelumnya diidentifikasi. Ini dilakukan

dengan menganalisis alur proses produksi untuk membuat produk rangka tubular Maung BRIMOB 4x4, kemudian menggunakan diagram pareto untuk menunjukkan jumlah produk yang mengalami *defect*. Terakhir, proses mana yang paling sering menyebabkan kerusakan diidentifikasi. Setelah pengamatan awal selesai, rancangan perbaikan kualitas akan dibuat berdasarkan faktor yang telah dipilih sebelumnya. Untuk mencapai solusi ini, analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) akan digunakan. Adapun langkah-langkah dalam menggunakan FMEA yaitu sebagai berikut:

1. Identifikasi jenis *defect* (*potential failure*)

Data yang dikumpulkan melalui observasi dan wawancara juga menunjukkan jenis *defect* pada Tubular Maung BRIMOB 4x4.

2. Identifikasi sebab akibat (*cause and effect*) dari setiap *potential failure*.

Hasil identifikasi diperoleh dengan menggunakan diagram *Cause and Effect* (*Fishbone Diagram*). Kemudian, analisis sebab akibat dilakukan pada komponen Tubular Maung BRIMOB 4x4.

3. Penentuan Skala *Severity*: Nilai *Severity* digunakan untuk menilai dampak *defect* dengan skala 1-10.

4. Penentuan Skala *Occurance*: Nilai kegagalan dihitung dengan skala 1-10 untuk mengetahui seberapa sering kegagalan mungkin terjadi dan membantu menemukan penyebab yang paling mungkin dan yang paling tidak mungkin.

5. Penentuan Skala *Detection*: Nilai Penentuan *Detection* digunakan untuk mengukur seberapa sulit untuk menemukan penyebab *defect*. Bobotnya diatur dalam skala dari 1-10 berdasarkan tingkat kesulitan dalam mendeteksi.

6. Penentuan nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection* untuk setiap jenis *defect* berdasarkan skala yang telah ditetapkan.

7. Setelah memperoleh nilai *Severity*, *Occurance*, dan *Detection*, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai RPN. Ini dilakukan dengan mengalikan ketiga komponen tersebut untuk setiap *failure mode*. Nilai RPN dihitung sesuai dengan formulasi RPN dan digunakan sebagai dasar untuk mengurutkan prioritas perbaikan potensial yang harus dilakukan.

III.4.5 Perhitungan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* ditentukan, tahap berikutnya adalah melakukan perhitungan berdasarkan formulasi pada Persamaan (2.23). Nilai RPN yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam menentukan urutan prioritas perbaikan. Pengurutan dilakukan dari nilai RPN tertinggi hingga terendah, di mana nilai tertinggi menjadi fokus utama perbaikan pada komponen tubular kendaraan Maung BRIMOB 4x4.

III.5 Analisis dan Pembahasan

Pada tahap ini, data yang dikumpulkan dan diproses akan dianalisis dan rekomendasi untuk perbaikan akan dibuat. Selain itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah temuan penelitian telah menyelesaikan masalah yang ada dan mencapai tujuan penelitian.

Penelitian ini berupa desain untuk memberikan usulan perbaikan yang akan diterapkan oleh PT. Pindad untuk mengurangi jumlah *defect* yang terjadi pada Tubular Maung BRIMOB 4x4.

III.6 Kesimpulan dan Saran

Tahap ini mencakup kesimpulan dari hasil analisis dan diskusi sebelumnya, serta rekomendasi untuk membantu perusahaan menyelesaikan masalah yang terjadi selama proses produksi tubular Maung BRIMOB 4x4.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

IV.1 Pengumpulan Data

Data yang terkumpul adalah hasil dari pengamatan dan wawancara di divisi Kendaraan Khusus PT. Pindad, yang meliputi informasi mengenai produksi, jenis cacat komponen, prosedur inspeksi, gambar teknis, dan urutan proses. Di samping itu, terdapat juga data sekunder yang mencakup riwayat perusahaan, visi dan misi perusahaan, tujuan perusahaan, serta struktur organisasi.

IV.1.1 Sejarah Perusahaan

Perusahaan ini memiliki sejarah yang dimulai pada tahun 1808 ketika Gubernur Jenderal Hindia Belanda, Herman Willem Daendels, mendirikan bengkel bernama Constructie Winkel di Surabaya. Bengkel ini menjadi industri pertahanan pertama di Hindia Belanda yang berfokus pada produksi, pemeliharaan, dan perbaikan senjata. Daendels juga mendirikan bengkel munisi besar bernama Projectiel Fabriek dan laboratorium kimia di Semarang. Pada tahun 1850, pemerintah Hindia Belanda mendirikan bengkel produksi dan perbaikan munisi untuk Angkatan Laut yang dikenal sebagai Pyrotechnische Werkplaats di Surabaya.

Nama Constructie Winkel kemudian diubah menjadi Artillerie Constructie Winkel (ACW) pada 1 Januari 1851. Pada tahun 1861, Pyrotechnische Werkplaats digabung ke dalam ACW, yang kini memiliki tiga unit: produksi senjata, produksi munisi dan bahan peledak, serta laboratorium penelitian. Dengan pecahnya Perang Dunia I pada tahun 1914, banyak negara Eropa, termasuk Belanda, terlibat, sehingga pemerintah Hindia Belanda memutuskan untuk merelokasi beberapa perusahaan penting ke tempat yang lebih aman, yaitu Bandung. Relokasi ini dilakukan antara tahun 1918-1920 untuk unit produksi senjata dan munisi dari ACW, sementara unit laboratorium penelitian dipindahkan pada tahun 1932.

Setelah relokasi, keempat unit tersebut digabung menjadi Artilerie Inrichtingen. Selama pendudukan Jepang, meskipun tidak ada perubahan signifikan pada struktur, nama unit-unit diubah menjadi nama Jepang. Setelah Jepang menyerah dan Indonesia merdeka pada 9 Oktober 1945, Laskar Pemuda Pejuang merebut Artilerie Inrichtingen dan mengubah namanya menjadi Pabrik Senjata Kiaracandong. Pada masa Agresi Militer Belanda, pabrik ini dibagi menjadi dua perusahaan.

Pasca Konferensi Meja Bundar pada 27 Desember 1949, Pabrik Senjata Kiaracandong diserahkan kepada pemerintah Indonesia dan namanya diubah menjadi Pabrik Senjata dan Mesiu, yang dikelola oleh TNI Angkatan Darat. Pabrik ini kemudian melakukan percobaan untuk memproduksi laras senjata dan berhasil memproduksi beberapa kaliber, meskipun mengalami kekurangan tenaga ahli. Pada tahun 1958, nama Pabrik Senjata dan Mesiu diubah menjadi Pabrik Alat Peralatan Angkatan Darat. Pabrik ini bekerja sama dengan produsen senjata Eropa untuk membangun pabrik senjata ringan dan menerima pabrik tepung dari Belanda yang diubah menjadi pabrik munisi.

Pada tahun 1962, nama Pabrik Alat Peralatan Angkatan Darat diubah menjadi Perindustrian Angkatan Darat. Seiring dengan serangkaian percobaan dan evaluasi, ABRI memutuskan untuk menggunakan senjata buatan Pindad sebagai senjata standar. Perusahaan ini mulai memproduksi senjata secara massal dan mengalami penataan organisasi pada tahun 1972, di mana namanya diubah menjadi Komando Perindustrian Angkatan Darat. Pada tahun 1975, perusahaan menarik kembali senjata yang telah diserahkan ke TNI Angkatan Darat dan melakukan modifikasi pada beberapa senjata.

Pada tahun 1976, nama Komando Perindustrian Angkatan Darat kembali diubah menjadi Pindad. Di dekade 1980-an, muncul ide untuk mengubah status Pindad menjadi perseroan terbatas untuk memberikan ruang gerak yang lebih besar. Pada awal tahun 1983, status Pindad resmi diubah menjadi persero. Terakhir, pada 12 Januari 2022, pemerintah menyerahkan mayoritas saham

perusahaan ini kepada Len Industri sebagai bagian dari pembentukan holding BUMN di bidang industri pertahanan.

IV.1.2 Visi dan Misi Perusahaan

Visi dan Misi Perusahaan PT. Pindad:

1. Visi

Menjadi Top 100 perusahaan pertahanan global pada tahun 2024, dengan menawarkan Solusi produk berkualitas tinggi, melalui inovasi, dan kemitraan strategis.

2. Misi

Melaksanakan usaha terpadu di bidang peralatan pertahanan dan keamanan serta peralatan industrial untuk mendukung Pembangunan nasional dan seara khusus untuk mendukung pertahanan dan keamanan Negara.

IV.1.3 Budaya Perusahaan

AKHLAK menjadi budaya perusahaan berdasarkan terbitnya Surat Edaran Kementerian BUMN Nomor: SE-7/MBU/07/2020 tanggal 1 Juli 2020 tentang nilai-nilai utama (*core values*) SDM BUMN dan Surat Keputusan Direksi PT Pindad (Persero) Nomor: Skep/25/P/BD/IX/2020 tentang Tata Nilai Budaya Perusahaan PT Pindad (Persero).

1. Amanah, Memegang teguh kepercayaan yang diberikan. Panduan perilaku:
 - a. Memenuhi janji dan komitmen
 - b. Bertanggung jawab atas tugas, keputusan, dan tindakan yang dilakukan
 - c. Berpegang teguh kepada nilai moral dan etika
2. Kompeten, Terus belajar dan mengembangkan kapabilitas. Panduan perilaku:
 - a. Meningkatkan kompetensi diri untuk menjawab tantangan yang selalu berubah
 - b. Membantu orang lain belajar
 - c. Menyelesaikan tugas dengan kualitas terbaik

3. Harmonis, Saling peduli dan menghargai perbedaan. Panduan perilaku:
 - a. Menghargai setiap orang apapun latar belakangnya
 - b. Suka menolong orang lain
 - c. Membangun lingkungan kerja yang kondusif

4. Loyal, Berdedikasi dan mengutamakan kepentingan Bangsa dan Negara. Panduan perilaku:
 - a. Menjaga nama baik sesama karyawan, pimpinan, BUMN dan Megara
 - b. Rela berkorban untuk mencapai tujuan yang lebih besar
 - c. Patuh kepada pimpinan sepanjang tidak bertentangan dengan hukum dan etika

5. Adaptif, Terus berinovasi dan antusias dalam menggerakkan ataupun menghadapi perubahan. Panduan perilaku:
 - a. Cepat menyesuaikan diri untuk menjadi lebih baik
 - b. Terus-menerus melakukan perbaikan mengikuti perkembangan teknologi
 - c. Bertindak proaktif

6. Kolaboratif, Membangun kerjasama yang sinergis. Panduan perilaku:
 - a. Memberi kesempatan kepada berbagai pihak untuk berkontribusi
 - b. Terbuka dalam bekerja sama untuk menghasilkan nilai tambah
 - c. Menggerakkan pemanfaatan berbagai sumber daya untuk tujuan Bersama

IV.1.4 Produk Yang Dihasilkan

PT Pindad (Persero) mulai masuk pada pengembangan teknologi kendaraan bermotor pada tahun 1993 melalui program Mobil Nasional. Pindad telah bekerja sama dengan berbagai pihak baik dalam maupun luar negeri dalam upaya untuk mengembangkan teknologi fungsi kendaraan khususnya kendaraan tempur untuk memenuhi kebutuhan pertahanan dan keamanan nasional.



Gambar IV. 1 Produk Kendaraan Khusus PT. Pindad (Persero)

Sumber : PT. Pindad

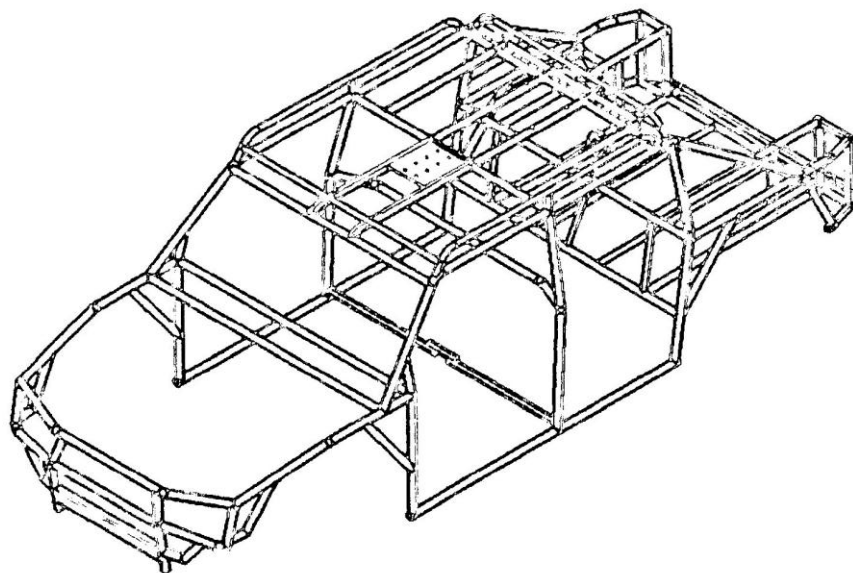
IV.1.5 Data Jumlah Produksi

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data jumlah produksi dan jumlah cacat pada tubular kendaraan Maung Brimob. Data tersebut diperoleh dari Divisi *Quality Assurance* (QA) PT. Pindad. Dalam setiap unit kendaraan terdapat 4 bagian tubular yang diproduksi dan diperiksa kualitasnya. Periode pengumpulan data berlangsung selama lima bulan, yaitu mulai Juli 2022 hingga November 2022. Selama periode tersebut, PT. Pindad memproduksi sebanyak 20 unit kendaraan Maung Brimob setiap bulan. Data produksi dan jumlah cacat pada komponen tubular kendaraan Maung Brimob kemudian dimuat dalam tabel yang memuat informasi mengenai jumlah unit yang diproduksi serta jumlah cacat yang ditemukan pada setiap periode produksi.

Tabel IV. 1 Data Produksi Tubular Maung

Sumber: *Quality Assurance (QA)*

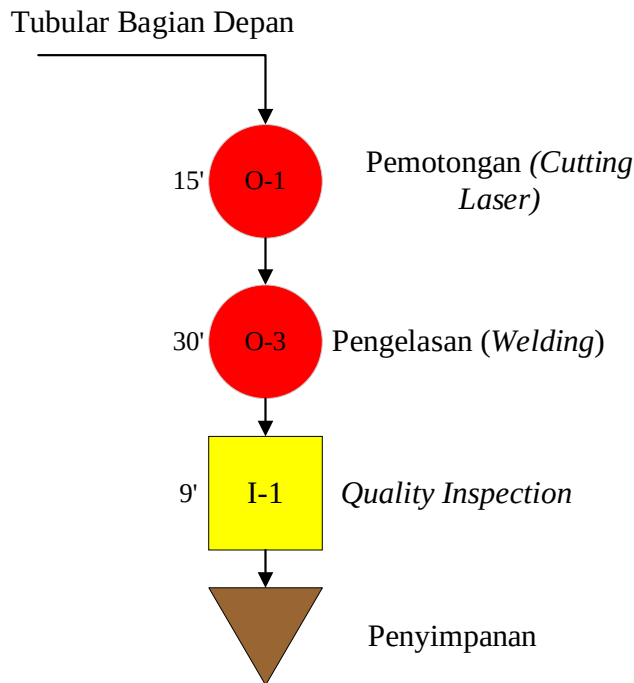
No	Periode	Jumlah Produk (Unit)	Total Produk Defect	Jenis Defect			
				Bagian Depan	Samping Kanan	Samping Kiri	Belakang
1	Juli 2022	20	4	2	1	1	0
2	Agustus 2022	20	5	2	1	1	1
3	Sep-22	20	7	3	2	1	1
4	Oktober 2022	20	7	3	1	2	1
5	Nov-22	20	7	4	1	2	0
Total (Unit)		100	30%	14	6	7	3
% Defect				47%	20%	23%	10%



Gambar IV. 2 Gambar Tubular Maung 4x4

IV.1.6 Alur Produksi

Material utama yang digunakan dalam pembuatan komponen tubular Maung adalah pipa STKM13B. Untuk memahami proses pembuatannya, tahapan-tahapan yang dilakukan dapat diuraikan sebagai berikut:



Gambar IV. 3 OPC Alur Produksi Tubular Maung Brimob

1. Proses Pemotongan

Proses pemotongan merupakan tahap awal produksi yang dilakukan menggunakan mesin laser (*laser cutting*). Pemotongan material dilakukan berdasarkan gambar kerja yang telah dimasukkan ke dalam sistem mesin, sehingga hasil pemotongan sesuai dengan bentuk dan dimensi yang telah ditentukan.

2. Proses Pengelasan

Proses pengelasan merupakan tahapan penyambungan antarbagian tubular untuk membentuk komponen sesuai dengan desain yang telah direncanakan. Pada tahap ini, setiap bagian tubular disatukan melalui proses pengelasan hingga menjadi satu kesatuan produk.

3. Proses QA (*Inspection*)

Proses inspeksi dilakukan oleh bagian *Quality Assurance* (QA) untuk memastikan kualitas produk yang dihasilkan. Pemeriksaan dilakukan melalui pengukuran dimensi guna memastikan kesesuaian ukuran dengan spesifikasi yang ditetapkan, serta pemeriksaan visual untuk mendeteksi adanya cacat atau ketidaksesuaian pada produk.

4. Proses Penyimpanan

Setelah produk dinyatakan memenuhi standar kualitas perusahaan melalui proses inspeksi, komponen kemudian disimpan pada rak penyimpanan yang telah disediakan. Penyimpanan dilakukan untuk menjaga kondisi produk sebelum memasuki tahap berikutnya dalam alur produksi atau distribusi.

IV.1.7 Proses Produksi yang Bermasalah

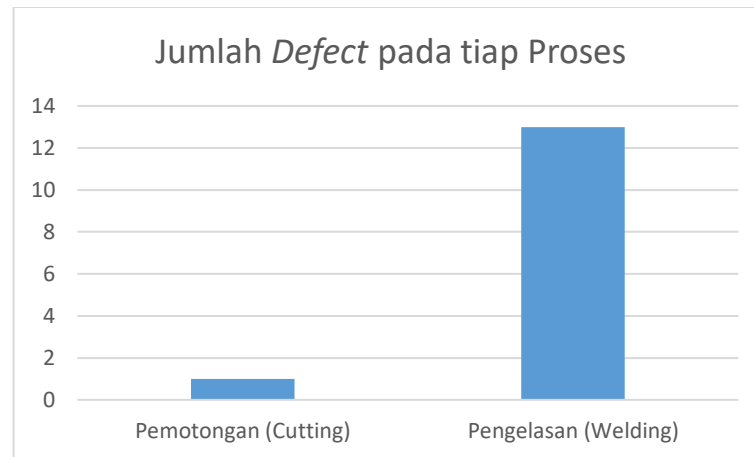
Berdasarkan hasil observasi pada proses pembuatan Tubular Maung BRIMOB 4x4, ditemukan bahwa *defect* tidak hanya terjadi pada proses pengelasan, tetapi juga pada proses pemotongan material. Kedua proses tersebut memiliki kontribusi terbesar terhadap terjadinya produk cacat karena merupakan tahapan awal dan utama dalam pembentukan struktur tubular.

Proses pemotongan yang tidak sesuai spesifikasi dapat menyebabkan kesalahan dimensi dan kesulitan pada saat proses fitting maupun pengelasan. Sedangkan proses pengelasan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan kegagalan sambungan dan menurunkan kekuatan struktur tubular.

Tabel IV. 2 Proses Produksi yang Bermasalah

Sumber: *Quality Assurance* (QA)

No	Periode	Jenis Defect Tubular Bagian Depan	Pemotongan (Cutting)	Pengelasan (Welding)
1	Juli 2022	2	0	2
2	Agustus 2022	2	1	1
3	Sep-22	3	0	3
4	Oktober 2022	3	0	3
5	Nov-22	4	0	4
Total (Unit)		14	1	13
% Defect		47%		

Gambar IV. 4 Grafik Jumlah *Defect* pada tiap Proses

IV.1.8 Data Jenis-jenis *Defect*

Setelah mengidentifikasi tahapan proses yang mengalami permasalahan, dilakukan analisis terhadap berbagai jenis cacat yang muncul pada produk hasil proses produksi. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, terdapat tujuh jenis *defect* yang ditemukan pada komponen tubular Maung. Jenis-jenis *defect* tersebut disajikan sebagai berikut.

Tabel IV. 3 Jenis *Defect* tiap ProsesSumber: *Quality Assurance (QA)*

Proses	Jenis <i>Defect</i>
Pemotongan (<i>Cutting</i>)	Sudut Potong Tidak Presisi
Pengelasan (<i>Welding</i>)	Terdapat retak (<i>crack</i>)
	Sambungan las tidak rata
	Terdapat porositas berlebih (<i>porosity</i>)

1. Sudut Potong Tidak Presisi

Sudut potong tidak sesuai sehingga saat fitting terdapat celah dan sulit mendapatkan sambungan yang rapat.



Gambar IV. 5 *Defect* Sudut Potong Tidak Presisi

Sumber: *Quality Assurance* (QA)

2. Terdapat retak (*crack*)

Terlihat adanya retakan pada area las akibat tegangan sisa atau pendinginan yang tidak sempurna



Gambar IV. 6 *Defect* Terdapat Retak (*Crack*)

Sumber: *Quality Assurance* (QA)

3. Sambungan las tidak rata

Permukaan hasil potongan kasar dan masih terdapat burr/geram sehingga dapat mengganggu proses pengelasan.



Gambar IV. 7 *Defect* Sambungan Las Tidak Rata

Sumber: *Quality Assurance* (QA)

4. Terdapat porositas berlebih (*porosity*)

Terlihat adanya lubang-lubang kecil pada permukaan las akibat gas yang terjebak.



Gambar IV. 8 *Defect* Terdapat Porositas Berlebih (*Porosity*)

Sumber: *Quality Assurance (QA)*

IV.2 Pengolahan Data

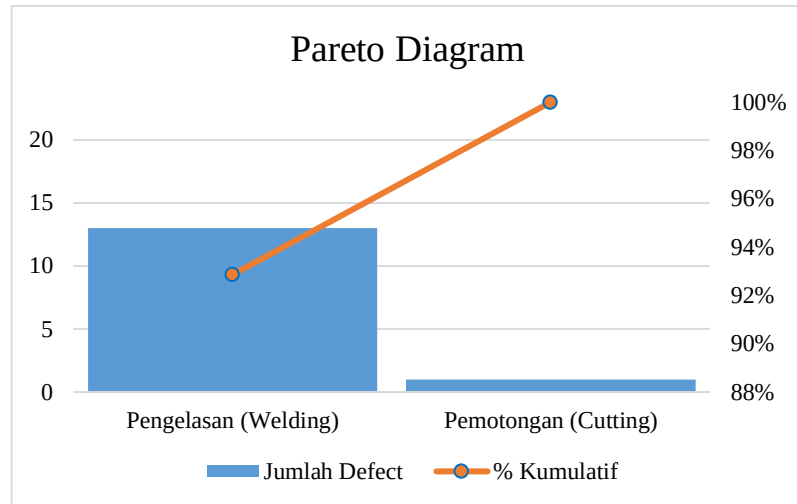
IV.2.1 Penentuan Proses

Tahap ini bertujuan untuk menentukan proses yang menjadi fokus analisis berdasarkan jumlah cacat tertinggi pada produksi tubular. Dari keseluruhan tahapan produksi, dipilih dua proses yang memiliki kontribusi cacat terbesar sebagai objek penelitian. Hasil pemilihan proses tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel IV. 4 *Defect* Tiap Proses

Sumber: *Quality Assurance (QA)*

No	Proses Produksi	Jumlah <i>Defect</i>	% <i>Defect</i>	% Kumulatif
1	Pengelasan (<i>Welding</i>)	13	93%	93%
2	Pemotongan (<i>Cutting</i>)	1	7%	100%
Total		14	100%	



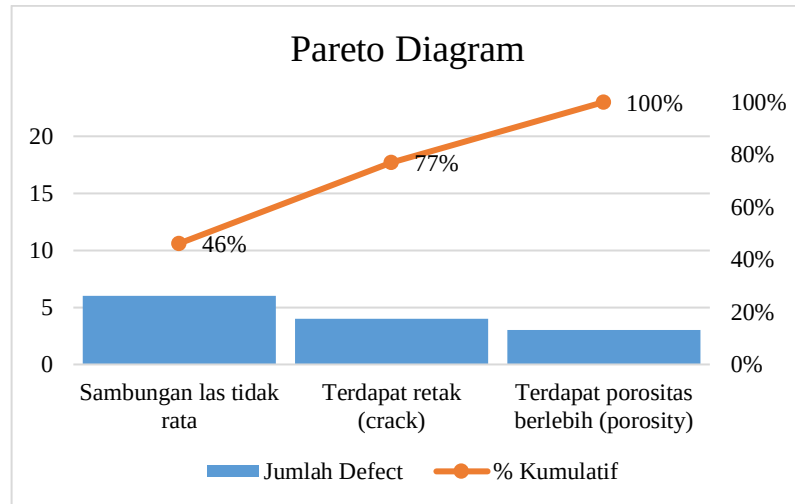
Gambar IV. 9 Diagram Pareto Tiap Proses

IV.2.2 Mengidentifikasi Jenis *Defect*

Setelah ditetapkan proses yang menjadi sumber utama permasalahan, dilakukan identifikasi terhadap jenis-jenis *defect* yang dihasilkan pada proses pengelasan. Analisis ini dilakukan dengan mengelompokkan dan mengurutkan jumlah cacat berdasarkan frekuensi kejadiannya, mulai dari yang tertinggi hingga terendah. Hasil identifikasi tersebut disajikan pada tabel dan gambar berikut.

Tabel IV. 5 *Defect* Jenis PengelasanSumber: *Quality Assurance (QA)*

No	Proses Produksi	Jumlah <i>Defect</i>	% <i>Defect</i>	% Kumulatif
1	Sambungan las tidak rata	6	46%	46%
2	Terdapat retak (<i>crack</i>)	4	31%	77%
3	Terdapat porositas berlebih (<i>porosity</i>)	3	23%	100%
Total		13	100%	

Gambar IV. 10 Diagram Pareto *Defect* Proses Pengelasan

IV.2.3 Perhitungan *Capability Process*

Tabel IV. 6 Peta Kendali P

Periode 2022	Jumlah Produksi	Jumlah <i>Defect</i>	Pi	CL = $\bar{p}$	Batas Kendali	
					UCL	LCL
Juli	20	3	0.15	0.13	0.23	0.03
Agustus	20	2	0.10	0.13	0.23	0.03
September	20	4	0.20	0.13	0.23	0.03
Oktober	20	3	0.15	0.13	0.23	0.03
November	20	1	0.05	0.13	0.23	0.03
Total	100	13				

1. Berikut adalah perhitungan peta kendali p:

a. Menghitung fraksi cacat:

$$P_i = \frac{x}{n}$$

$$P_{i\text{Juli}} = \frac{3}{20} = 0,15$$

$$P_{i\text{Agustus}} = \frac{2}{20} = 0,10$$

b. Menghitung Garis Tengah (*Center Line*):

$$CL = \bar{P}$$

$$\bar{P} = \frac{\text{Jumlah yang ditolak}}{\text{Jumlah yang diperiksa}}$$

$$\bar{P} = \frac{13}{100}$$

$$\bar{P} = 0,13$$

c. Menghitung Batas Kendali Atas (*Upper Control Limit*):

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

$$UCL = 0,13 + 3 \sqrt{\frac{0,13 (1-0,13)}{20}}$$

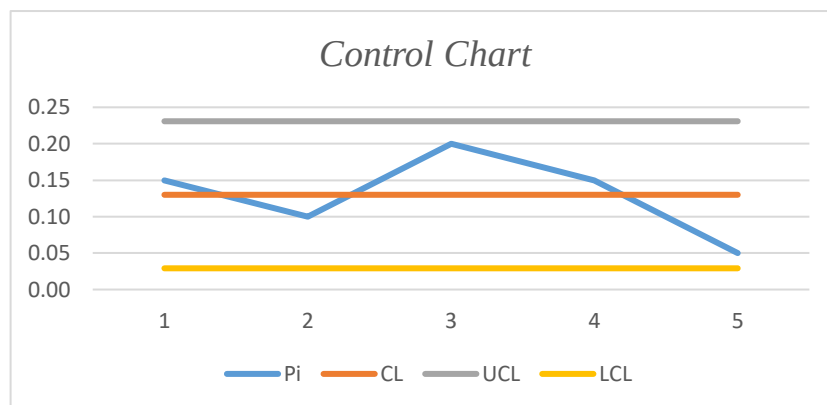
$$UCL = 0,23$$

d. Menghitung Batas Kendali Bawah (*Lower Control Limit*):

$$LCL = \bar{P} - 3 \sqrt{\frac{\bar{P}(1-\bar{P})}{n}}$$

$$LCL = 0,13 - 3 \sqrt{\frac{0,13 (1-0,13)}{20}}$$

$$LCL = 0,03$$



Gambar IV. 11 Peta Kendali P

2. Menghitung *Capability Process*

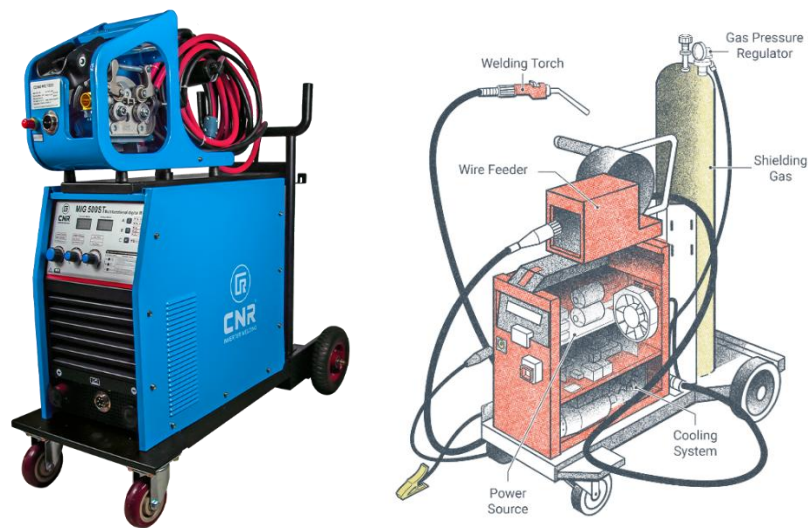
Berdasarkan hasil peta kendali yang telah dibuat, diketahui bahwa data masih berada dalam batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL). Selanjutnya, dilakukan analisis kemampuan proses (*Process Capability*) dengan mempertimbangkan batas toleransi cacat yang ditetapkan untuk komponen Tubular Maung Brimob 4x4, yaitu sebesar 12%. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa rata-rata proporsi cacat yang terjadi saat ini mencapai 13%. Nilai tersebut melebihi batas toleransi yang telah ditentukan, sehingga mengindikasikan bahwa kemampuan proses produksi masih belum mampu memenuhi standar kualitas yang diharapkan.

Berdasarkan hasil wawancara dengan personel *Quality Assurance* (QA), diketahui bahwa pengendalian kualitas pada proses produksi masih perlu ditingkatkan. Upaya perbaikan diperlukan untuk menurunkan tingkat cacat yang

terjadi serta memastikan bahwa produk yang dihasilkan dapat memenuhi batas toleransi dan standar kualitas yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

IV.2.4 Penentuan *Cause and Effect*

Berdasarkan hasil pengolahan data yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pengelasan merupakan tahapan produksi yang menghasilkan jumlah *defect* tertinggi dibandingkan dengan proses pemotongan. Pada proses pengelasan ditemukan tiga jenis cacat utama, yaitu retak (*crack*), sambungan las tidak rata, dan porositas berlebih (*porosity*). Untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya cacat tersebut, dilakukan analisis terhadap faktor-faktor yang memengaruhi proses pengelasan. Salah satu faktor yang berpotensi menyebabkan terjadinya kegagalan berasal dari kondisi mesin yang digunakan dalam proses produksi, sebagaimana ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar IV. 12 Mesin Las GMAW

Proses pengelasan GMAW umumnya menggunakan arus searah (*Direct Current/DC*) dengan polaritas terbalik, yaitu kutub positif pada elektroda dan kutub negatif pada benda kerja. Mesin las GMAW memiliki karakteristik tegangan konstan yang berfungsi mengatur panjang busur las. Apabila terjadi perubahan kecepatan *wire feed* atau panjang busur las, mesin akan secara otomatis menyesuaikan arus listrik untuk menjaga kestabilan proses pengelasan. Oleh

karena itu, panjang busur las dapat dikendalikan melalui pengaturan tegangan pada mesin las.

Berikut adalah penjelasan komponen utama mesin las GMAW.

1. *Power Source* (Sumber Daya Listrik)

Power source berfungsi sebagai penyedia arus dan tegangan listrik untuk menghasilkan busur listrik antara kawat elektroda dan benda kerja selama proses pengelasan.

2. *Wire Feeder*

Wire feeder berfungsi mengumpulkan kawat elektroda secara otomatis dan kontinu dari gulungan kawat menuju *welding torch* dengan kecepatan yang dapat diatur.

3. *Gas Pressure Regulator*

Gas pressure regulator berfungsi mengatur tekanan dan laju aliran gas pelindung dari tabung agar tetap stabil selama proses pengelasan.

4. *Shielding Gas*

Shielding gas merupakan gas pelindung yang berfungsi melindungi busur listrik dan logam las cair dari kontaminasi udara sehingga mencegah terjadinya cacat las.

5. *Welding Torch*

Welding torch berfungsi menyalurkan arus listrik, kawat elektroda, dan gas pelindung ke area pengelasan serta mengarahkan proses pengelasan.

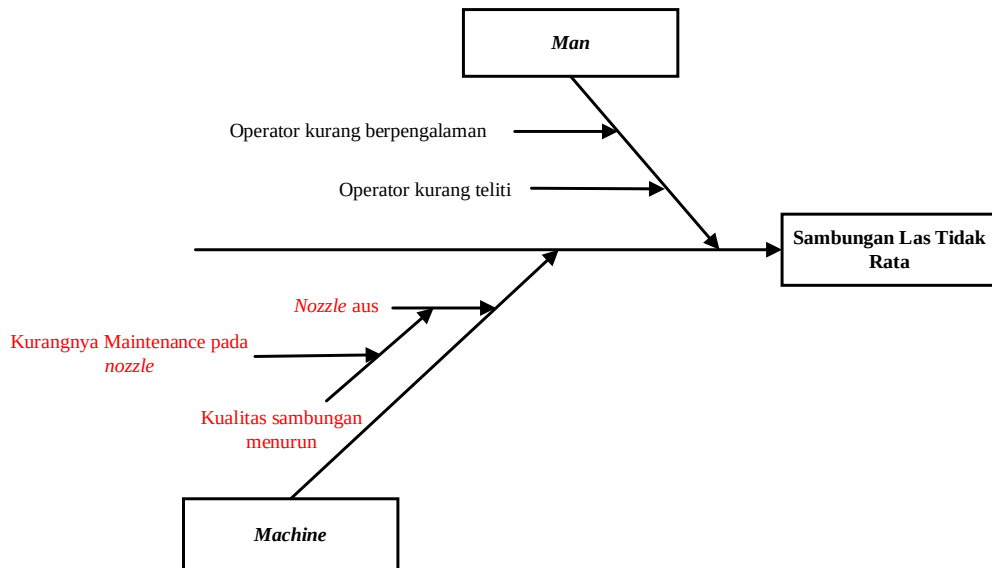
6. *Cooling System*

Cooling system berfungsi mendinginkan komponen mesin las dan mencegah terjadinya panas berlebih selama pengoperasian.

Untuk mengurangi dan menghilangkan sumber penyebab terjadinya *defect* pada proses pengelasan, terlebih dahulu perlu dilakukan analisis terhadap faktor-faktor yang berpotensi menyebabkan munculnya berbagai jenis cacat. Analisis tersebut dilakukan menggunakan *fishbone diagram* (diagram sebab-akibat) untuk memudahkan identifikasi akar penyebab terjadinya *defect*. Melalui metode ini, faktor-faktor penyebab dapat dikelompokkan secara sistematis sehingga memudahkan penentuan tindakan perbaikan yang tepat. Gambar IV.6

menunjukkan hasil analisis faktor-faktor penyebab terjadinya sambungan las tidak rata pada komponen tubular Maung BRIMOB 4x4.

1. *Fishbone* Sambungan Las Tidak Rata



Gambar IV. 13 Diagram *Fishbone* Pada *Defect* Sambungan Las Tidak Rata

Keterangan: warna merah menunjukkan faktor yang akan menjadi fokus pada penelitian ini.

Terdapat 2 faktor penyebab terjadinya sambungan las tidak rata. Berikut penjelasan dari penyebab kegagalannya.

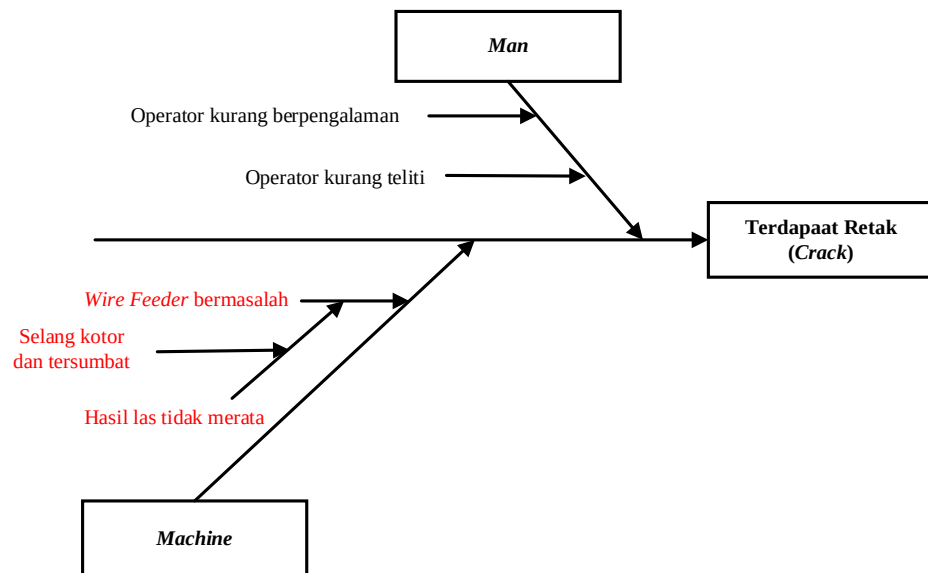
a. *Man*

Faktor manusia (*man*) menjadi salah satu penyebab *defect* sambungan las tidak rata. Operator yang kurang berpengalaman, kurang teliti, dan memiliki gerakan tangan yang tidak konsisten saat mengelas dapat menyebabkan distribusi logam las tidak merata sehingga menghasilkan sambungan las yang tidak sesuai standar.

b. *Machine*

Faktor mesin (*machine*) dapat menyebabkan *defect* sambungan las tidak rata akibat *nozzle* yang telah aus, serta kurangnya *maintenance* dan perawatan mesin las. Kondisi tersebut dapat mengganggu kestabilan proses pengelasan sehingga menghasilkan sambungan las yang tidak seragam.

2. *Fishbone* Terdapat Retak (*Crack*)



Gambar IV. 14 Diagram *Fishbone* Pada *Defect* Terdapat Retak (*Crack*)

Terdapat 2 faktor penyebab terjadinya retak (*crack*). Berikut penjelasan dari penyebab keagalannya.

a. *Man*

Faktor manusia (*man*) menjadi salah satu penyebab terjadinya *defect* retak (*crack*) pada proses pengelasan. Operator yang kurang berpengalaman dapat melakukan kesalahan dalam teknik dan parameter pengelasan, sedangkan kurangnya ketelitian saat proses pengelasan dapat menyebabkan sambungan las tidak sesuai standar sehingga berpotensi menimbulkan retak pada hasil pengelasan.

b. *Machine*

Faktor mesin (*machine*) menjadi salah satu penyebab terjadinya *defect* retak (*crack*) pada proses pengelasan. Arus pengelasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan panas berlebih pada sambungan las sehingga meningkatkan risiko terjadinya retak. Selain itu, mesin las yang tidak stabil, *wire feeder* yang bermasalah dapat mengganggu kestabilan proses pengelasan sehingga kualitas sambungan las menurun dan berpotensi menimbulkan retak.

IV.2.5 Analisis Penyebab Kegagalan Menggunakan Metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA merupakan metode yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan yang terjadi pada tubular kendaraan Maung. Metode ini membantu dalam menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risiko kegagalan yang terjadi.

Penentuan *defect* tertinggi dalam penelitian ini tidak hanya didasarkan pada pengamatan langsung peneliti di lapangan, karena keterbatasan waktu kehadiran peneliti pada proses produksi. Oleh karena itu, penelitian menggunakan data sekunder berupa laporan inspeksi dan rekapitulasi *defect* yang diperoleh dengan wawancara dari bagian *Quality Assurance* (QA) PT. Pindad selama periode Juli–November 2022. Data tersebut dianalisis berdasarkan frekuensi dan persentase kemunculan setiap jenis *defect*. Hasil analisis menunjukkan bahwa *defect* sambungan las tidak rata memiliki persentase tertinggi sebesar 46%, sehingga ditetapkan sebagai *defect* dominan dan menjadi prioritas dalam analisis perbaikan menggunakan metode *Fishbone Diagram* dan FMEA. Adapun langkah-langkah perbaikan proses menggunakan metode FMEA adalah sebagai berikut.

1. Identifikasi *Potensial Failure*

Berdasarkan hasil penentuan *cause and effect* diketahui beberapa potensial *failure* yang menyebabkan terjadinya *defect* pada tubular Maung pada proses pengelasan.

Tabel IV. 7 Identifikasi *Potential Failure*

Komponen	Potensial Failure
Tubular Maung Brimob 4x4	<i>Nozzle</i> aus
	<i>Wire feeder</i> bermasalah

2. Identifikasi *Cause and Effect*

Tahap selanjutnya adalah mengidentifikasi *cause and effect* untuk mengetahui akar penyebab kegagalan serta dampak yang ditimbulkan. Tabel di bawah ini menyajikan hasil identifikasi *cause and effect* pada setiap *potential failure*.

Tabel IV. 8 Identifikasi *Cause and Effect*

<i>Potential Failure</i>	<i>Effect</i>	<i>Cause</i>
Nozzle aus	Kualitas sambungan menurun	Kurangnya <i>maintenance</i> pada <i>nozzle</i>
Wire feeder bermasalah	Hasil las tidak merata	Selang kotor atau tersumbat

3. Penentuan Skala *Severity*

Severity merupakan peringkat yang menunjukkan tingkat keparahan dampak yang ditimbulkan oleh *defect* yang terjadi. Penentuan nilai ini dilakukan dengan mengumpulkan data perusahaan yang berkaitan dengan proses pengelasan. Skala *severity* ditetapkan berdasarkan efek dari potensi kegagalan yang muncul. Nilai 10 menunjukkan tingkat keparahan tertinggi karena proses pengelasan harus dihentikan, sedangkan nilai 1 menunjukkan tingkat keparahan terendah karena proses pengelasan masih dapat berlangsung. Kriteria *severity* tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.9 berikut.

Tabel IV. 9 Skala *Severity*

Kriteria	<i>Effect</i>	<i>Rating</i>
Tidak dapat berfungsi dan seluruh produk dinyatakan gagal	Sangat Tinggi	10
Mengalami kehilangan fungsi utama dan tidak dapat dilakukan perbaikan.		9
Penurunan fungsi tetapi masih dapat diperbaiki	Tinggi	8
Mengalami penurunan fungsi secara bertahap		7
Dapat dilakukan perbaikan <i>defect</i> pada tubular		6
Terjadi cacat dengan tingkat keparahan yang rendah	Sedang	5
Operator perlu melakukan perbaikan dalam skala kecil		4
Memberikan pengaruh kecil terhadap fungsi.	Rendah	3
Operator menyadari <i>defect</i> tersebut		2
Tidak ada efek yang terlihat	Tidak Berpengaruh	1

4. Penentuan Skala *Occurance*

Occurance merupakan tingkat kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan pada proses pengelasan yang dapat menimbulkan bentuk kegagalan selama penggunaan produk. Penentuan peringkat *occurrence* dilakukan menggunakan skala 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan frekuensi kejadian yang sangat

rendah (jarang terjadi), sedangkan nilai 10 menunjukkan frekuensi kejadian yang sangat tinggi (sering terjadi). Kriteria penilaian skala *occurrence* tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel IV. 10 Jumlah Kegagalan tiap *Potential Failure*

Bulan	Jumlah Kegagalan tiap <i>Potential Failure</i>	
	<i>Nozzle</i> aus	<i>Wire feeder</i> bermasalah
Juli	2	1
Agustus	2	0
September	3	1
Oktober	1	2
November	0	1
Jumlah	13	

Tabel IV. 11 Skala *Occurance*

Kemungkinan kegagalan	Tingkat kemungkinan kegagalan	Peringkat
Tinggi	Terjadi kegagalan secara berulang	3
Sedang	Kegagalan jarang terjadi	2
Rendah	Kemungkinan terjadinya kegagalan sangat kecil	1
Sangat Rendah	Kegagalan hampir tidak pernah terjadi	0

5. Penentuan Skala *Detection*

Detection merupakan prosedur, pengujian, atau analisis yang digunakan untuk mencegah terjadinya kegagalan pada layanan, proses, maupun pelanggan. Penentuan peringkat *detection* menggunakan skala 1 hingga 10, di mana nilai 1 menunjukkan tingkat kontrol yang sangat mampu mendeteksi kegagalan, sedangkan nilai 10 menunjukkan tingkat kontrol yang tidak mampu mendeteksi kegagalan. Kriteria skala *detection* tersebut disajikan pada tabel berikut.

Tabel IV. 12 Skala *Detection*

Kriteria	Rating	Kemungkinan Deteksi
Tidak mampu dideteksi dengan metode apa pun	10	Hampir Mustahil
Kemungkinan terdeteksinya <i>defect</i> sangat rendah	9	Sangat Kecil
<i>Defect</i> memiliki peluang kecil untuk terdeteksi pada tahap <i>finishing</i>	8	Kecil
Terdeteksi saat proses pengelasan	7	Sangat Rendah
<i>Defect</i> terdeteksi melalui pengukuran dimensi atau pemeriksaan visual standar pada hasil las.	6	Rendah
<i>Defect</i> cukup sering terdeteksi melalui inspeksi visual dan pengukuran dimensi.	5	Sedang
<i>Defect</i> dapat terdeteksi selama proses pengelasan melalui pengamatan operator	4	Agak Tinggi
Dapat dengan mudah terlihat secara visual selama proses pengelasan berlangsung.	3	Tinggi
<i>Defect</i> teridentifikasi saat proses sedang berjalan.	2	Sangat Tinggi
Hampir selalu dapat terdeteksi.	1	Hampir pasti

6. Perhitungan Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

Setelah menetapkan skala *severity*, *occurrence*, dan *detection*, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *Risk Priority Number* (RPN). Penentuan ketiga skala tersebut diperoleh melalui hasil wawancara dengan operator.

Tabel IV. 13 Nilai *Risk Priority Number* (RPN)

<i>Potential Failure</i>	S	O	D	RPN	<i>Ranking</i>
<i>Nozzle</i> aus	9	2	3	54	1
<i>Wire feeder</i> bermasalah	7	3	2	42	2

Worksheet FMEA memuat penjelasan mengenai dua potensi kegagalan, yaitu retak (*crack*) dan sambungan las tidak rata. Uraian dari potensi kegagalan tersebut disajikan dalam *Worksheet* FMEA pada tabel berikut.

Tabel IV. 14 *Worksheet* FMEA

<i>Potensial Failure</i>	<i>Effect</i>	<i>Cause</i>	<i>Severity</i>	S	<i>Occurance</i>	O	<i>Detection</i>	D	RPN
<i>Nozzle</i> aus	Kualitas sambungan menurun	Kurangnya <i>maintenance</i> pada <i>nozzle</i>	Mengalami kehilangan fungsi utama dan tidak dapat dilakukan perbaikan.	9	Kegagalan jarang terjadi	2	Dapat dengan mudah terlihat secara visual selama proses pengelasan berlangsung.	3	54
<i>Wire feeder</i> bermasalah	Hasil las tidak merata	Selang kotor atau tersumbat	Mengalami penurunan fungsi secara bertahap	7	Terjadi kegagalan secara berulang	3	<i>Defect</i> teridentifikasi saat proses sedang berjalan.	2	42

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengolahan data pada bab sebelumnya, tahap selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap hasil pengolahan data tersebut. Data yang dianalisis merupakan data laporan produksi tubular Maung BRIMOB 4x4 PT. Pindad selama periode Juli hingga November 2022. Berdasarkan hasil analisis, diketahui terdapat tiga jenis *defect* yang terjadi, yaitu retak (*crack*), sambungan las tidak rata, dan porositas berlebih (*porosity*). Namun *defect* terbesarnya yaitu pada retak dan sambungan las tidak rata. Oleh karena itu, perusahaan perlu melakukan tindakan perbaikan pada proses produksi untuk mengurangi tingkat kecacatan dan mencegah kerugian yang ditimbulkan akibat terjadinya *defect* tersebut.

V.1 Analisis

Berdasarkan hasil pengolahan data pada bab sebelumnya, diketahui bahwa proses pengelasan merupakan tahapan yang menghasilkan jumlah *defect* terbanyak pada proses produksi tubular Maung BRIMOB 4x4. Jenis *defect* yang ditemukan pada proses tersebut meliputi sambungan las tidak rata sebesar 46%, retak (*crack*) sebesar 31%, dan porositas (*porosity*) sebesar 23%.

Untuk menyusun usulan perbaikan, terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap *potential failure* yang menyebabkan terjadinya retak dan sambungan las tidak rata pada proses pengelasan. Identifikasi tersebut dilakukan menggunakan alat bantu analisis *cause and effect diagram* atau *fishbone diagram*. Diagram ini digunakan untuk mengidentifikasi dan menguraikan faktor-faktor penyebab terjadinya *defect* secara sistematis.

Berdasarkan data pada Gambar IV.12 dan Gambar IV.13, diperoleh dua kategori penyebab terjadinya *defect*, antara lain faktor manusia (*man*) dan mesin (*machine*). Berikut ini adalah penyebabnya:

1. Sambungan Las Tidak Rata

- a. *Man*

Faktor manusia (*man*) menjadi salah satu penyebab *defect* sambungan las tidak rata. Operator yang kurang berpengalaman, kurang teliti, dan

memiliki gerakan tangan yang tidak konsisten saat mengelas dapat menyebabkan distribusi logam las tidak merata sehingga menghasilkan sambungan las yang tidak sesuai standar.

b. *Machine*

Faktor mesin (*machine*) dapat menyebabkan *defect* sambungan las tidak rata akibat *nozzle* yang telah aus, serta kurangnya *maintenance* dan perawatan mesin las. Kondisi tersebut dapat mengganggu kestabilan proses pengelasan sehingga menghasilkan sambungan las yang tidak seragam.

2. Terdapat Retak (*Crack*)

a. *Man*

Faktor manusia (*man*) menjadi salah satu penyebab terjadinya *defect* retak (*crack*) pada proses pengelasan. Operator yang kurang berpengalaman dapat melakukan kesalahan dalam teknik dan parameter pengelasan, sedangkan kurangnya ketelitian saat proses pengelasan dapat menyebabkan sambungan las tidak sesuai standar sehingga berpotensi menimbulkan retak pada hasil pengelasan.

b. *Machine*

Faktor mesin (*machine*) menjadi salah satu penyebab terjadinya *defect* retak (*crack*) pada proses pengelasan. Arus pengelasan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan panas berlebih pada sambungan las sehingga meningkatkan risiko terjadinya retak. Selain itu, mesin las yang tidak stabil, *wire feeder* yang bermasalah dapat mengganggu kestabilan proses pengelasan sehingga kualitas sambungan las menurun dan berpotensi menimbulkan retak.

V.2 Usulan Perbaikan

Berdasarkan hasil analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang telah dilakukan, diketahui bahwa nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi terdapat pada *defect* sambungan las tidak rata dengan nilai RPN sebesar 54, sedangkan *defect* terdapat retak (*crack*) memiliki nilai RPN sebesar 42. Nilai RPN tertinggi menunjukkan tingkat risiko yang lebih besar sehingga menjadi prioritas

utama dalam pelaksanaan tindakan perbaikan. Oleh karena itu, analisis usulan perbaikan terhadap *defect* retak dan sambungan las tidak rata selanjutnya dilakukan menggunakan metode Kipling (5W+1H).

Tabel V. 1 Analisa Terdapat Retak (*Crack*) dengan metode Kipling

Nilai RPN	Jenis <i>defect</i>	Faktor Penyebab	<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
			Apa yang terjadi pada Terdapat Retak (<i>Crack</i>)?	Kenapa terdapat terjadinya Terdapat Retak (<i>Crack</i>)?	Dimana Bagian terjadinya Terdapat Retak (<i>Crack</i>)?	Kapan terjadinya Terdapat Retak (<i>Crack</i>)?	Siapa yang melakukan?	Bagaimana untuk meminimalisir terjadinya Terdapat Retak (<i>Crack</i>) pada Tubular Maung Brimob 4x4?
42	Terdapat Retak (<i>Crack</i>)	<i>Wire Feeder</i> bermasalah	Tubular Maung BRIMOB 4x4	Selang kotor atau tersumbat	Pada bagian sambungan pengelasan Tubular Maung BRIMOB 4x4	Pada saat proses pengelasan	Operator pada pengelasan	Untuk meminimalkan terjadinya <i>defect</i> retak (<i>crack</i>), perlu dilakukan pembersihan dan pemeriksaan rutin pada selang serta komponen mesin las untuk mencegah terjadinya penyumbatan dan kerusakan. Selain itu, kondisi dan umur pakai suku cadang perlu dipantau secara berkala serta dilakukan pencatatan penggunaan komponen. Suku cadang yang telah mengalami kerusakan atau melebihi batas pemakaian harus segera diganti agar kinerja mesin tetap optimal dan potensi terjadinya retak dapat dikurangi.

Berdasarkan analisis metode Kipling, diketahui bahwa *defect* retak (*crack*) pada tubular Maung BRIMOB 4x4 disebabkan oleh *wire feeder* yang bermasalah akibat selang las yang kotor atau tersumbat. Oleh karena itu, upaya perbaikan yang dapat dilakukan yaitu melakukan pembersihan rutin pada selang pengelasan untuk mencegah terjadinya penyumbatan, melakukan pemeriksaan dan penggantian selang serta komponen mesin las secara berkala, serta memantau kondisi dan umur pakai suku cadang yang digunakan dalam proses pengelasan. Selain itu, pencatatan penggunaan komponen dan penggantian suku cadang yang telah rusak perlu dilakukan untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal. Pemberian pelatihan kepada operator mengenai prosedur pengelasan dan pentingnya kehati-hatian dalam proses kerja juga diperlukan untuk mengurangi potensi terjadinya *defect*. Berdasarkan hasil FMEA, *defect* retak (*crack*) memperoleh nilai RPN sebesar 42, yang merupakan nilai terendah dibandingkan *defect* sambungan las tidak rata, sehingga *defect* sambungan las tidak rata menjadi prioritas utama dalam pelaksanaan tindakan perbaikan.

Tabel V. 2 Analisa Sambungan Las Tidak Rata dengan metode Kipling

			<i>What</i>	<i>Why</i>	<i>Where</i>	<i>When</i>	<i>Who</i>	<i>How</i>
Nilai RPN	Jenis <i>defect</i>	Faktor Penyebab	Apa yang terjadi pada Sambungan Las Tidak Rata?	Kenapa terdapat terjadinya Sambungan Las Tidak Rata?	Dimana Bagian terjadinya Sambungan Las Tidak Rata?	Kapan terjadinya Sambungan Las Tidak Rata?	Siapa yang melakukan?	Bagaimana untuk meminimalisir terjadinya Sambungan Las Tidak Rata pada Tubular Maung Brimob 4x4?
54	Sambungan Las Tidak Rata	<i>Nozzle aus</i>	Tubular Maung BRIMOB 4x4	Kurangnya maintenance pada <i>nozzle</i>	Pada bagian sambungan pengelasan Tubular Maung BRIMOB 4x4	Pada saat melakukan perbaikan proses pengelasan	Operator pada pengelasan	Untuk meminimalkan terjadinya defect sambungan las tidak rata, perlu dilakukan pemeriksaan dan maintenance rutin pada nozzle untuk mencegah terjadinya penyumbatan dan kerusakan. Selain itu, kondisi dan umur pakai nozzle perlu dipantau secara berkala serta dilakukan pencatatan penggunaan komponen. Nozzle yang telah mengalami kerusakan atau melebihi batas pemakaian harus segera diganti agar kinerja proses pengelasan tetap optimal dan potensi terjadinya sambungan las tidak rata dapat dikurangi.

Berdasarkan analisa kipling, diketahui bahwa sambungan las tidak rata terjadi pada tubular maung BRIMOB 4x4 disebabkan oleh kurangnya *maintenance* pada *nozzle* sehingga pada saat melakukan perbaikan proses pengelasan pipa akan terjadi sambungan yang tidak rata untuk proses berikutnya. Untuk meminimalisir terjadinya sambungan las tidak rata yaitu dengan melakukan pengecekan berkala dan melakukan penggantian pada *nozzle* yang aus ataupun sudah terlihat bahwa pengelasannya mengalami sumbatan. Selain itu, pembersihan *nozzle* secara rutin dari percikan las (*spatter*) juga perlu dilakukan untuk menjaga kualitas hasil pengelasan. Pada *defect* sambungan las tidak rata didapatkan nilai RPN sebesar 54 dimana nilai tersebut lebih tinggi dibandingkan dengan *defect* terdapat retak (*crack*). Oleh karena itu *defect* sambungan las tidak rata menjadi prioritas utama untuk dilakukan perbaikan.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian ini. Proses produksi tubular Maung BRIMOB 4x4 di PT. Pindad masih menunjukkan adanya beberapa permasalahan yang berpotensi menyebabkan terjadinya *defect*, khususnya pada proses pengelasan. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian kualitas pada proses pengelasan masih perlu ditingkatkan untuk mengurangi tingkat kecacatan dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan.

1. Penyebab terjadinya kegagalan produk tubular Maung BRIMOB 4x4 adalah proses pengelasan yang memiliki jumlah *defect* terbesar, dimana jumlah *defect* dari hasil pengelasan yaitu sebanyak 13. Jenis *defect* terdiri dari sambungan las tidak rata dan terdapat retak (*crack*) pada tubular Maung BRIMOB 4x4. *Defect* sambungan las tidak rata memiliki presentase *defect* tertinggi yaitu sebesar 46%. Kegagalan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor yaitu: kurangnya *maintenance* pada *nozzle* sehingga menyebabkan hambatan pada proses pengelasan dan sambungan yang tidak rata, serta adanya kesalahan dari operator yang kurang teliti dan kurang pemahaman.
2. Berdasarkan perhitungan nilai RPN dari hasil *defect* sambungan las tidak rata diraih sebesar 54 dan *defect* terdapat retak (*crack*) sebesar 42. sambungan las tidak rata dan terdapat retak (*crack*) terjadi disebabkan oleh *nozzle* yang aus serta *wire feeder* yang bermasalah sehingga hal tersebut menjadi penyebab *defect* yang cukup besar pada proses pengelasan. Maka usulan perbaikan yang diberikan untuk meminimalkan terjadinya *defect* sambungan las tidak rata dan retak (*crack*), perlu dilakukan pemeriksaan, pembersihan, dan *maintenance* rutin pada selang, *nozzle*, serta komponen mesin las untuk mencegah terjadinya penyumbatan dan kerusakan yang dapat mengganggu proses pengelasan. Selain itu, kondisi dan umur pakai setiap komponen perlu dipantau secara berkala serta dilakukan pencatatan penggunaan suku cadang. Komponen seperti selang dan *nozzle* yang telah mengalami kerusakan atau melebihi batas pemakaian harus segera diganti agar kinerja mesin dan proses pengelasan tetap

optimal. Selain itu juga memberikan pelatihan kepada operator untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik. Dengan demikian, potensi terjadinya *defect* sambungan las tidak rata maupun retak (*crack*) dapat dikurangi.

VI.2 Saran

Berikut adalah beberapa saran yang ditujukan kepada Divisi Kendaraan Khusus PT. Pindad sebagai upaya untuk mengurangi permasalahan yang terjadi.

1. Hasil penelitian ini masih terbatas pada usulan perbaikan, sehingga diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengembangkan dan menyempurnakan usulan tersebut guna memperoleh solusi yang lebih efektif dan akurat.
2. Perusahaan perlu melakukan perbaikan pada beberapa aspek melalui kegiatan pemeriksaan dan perawatan secara berkala untuk mencegah terjadinya *defect*. Kegiatan tersebut meliputi pengecekan komponen *nozzle* dan *wire feeder* yang menjadi penyebab permasalahan pada proses produksi tubular Maung BRIMOB 4x4. Selain itu, perusahaan perlu melakukan pemantauan terhadap kondisi dan umur pakai suku cadang pada mesin las, khususnya pada *nozzle* dan *wire feeder*. Komponen yang telah mendekati batas umur pemakaian sebaiknya segera diganti untuk menjaga kinerja mesin tetap optimal. Perusahaan juga disarankan untuk memberikan pelatihan kepada operator agar proses pengelasan dapat dilakukan dengan baik dan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Besterfield, D. H. (2012). *Quality control (8th ed.)*. Pearson Education.
- Chrysler Group LLC. (2008). *Potential failure mode and effects analysis (FMEA) reference manual (4th ed.)*. Chrysler, Ford Motor Company, & General Motors Corporation.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2008). *Managing for quality and performance excellence (7th ed.)*. South-Western Cengage Learning.
- Garvin, D. A. (2012). *Managing quality: The strategic and competitive edge*. Free Press.
- Gaspersz, V. (2001). *Total quality management*. PT Gramedia Pustaka Utama.
- Hansen, D. R., & Mowen, M. M. (2011). *Managerial accounting (8th ed.)*. South-Western Cengage Learning.
- Harjanto, E. (2008). *Manajemen operasi*. PT Grasindo.
- International Organization for Standardization. (2015). *ISO 9001:2015 quality management systems—Requirements*. ISO.
- Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (2017). *Juran's quality handbook (7th ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Kujala, J., & Ullrank, P. (2004). *Total quality management as a cultural phenomenon*. *Quality Management Journal*, 11(4), 43–55.
- McDermott, R. E., Mikulak, R. J., & Beauregard, M. R. (2009). *The basics of FMEA (2nd ed.)*. CRC Press.
- Nasution, M. N. (2001). *Manajemen mutu terpadu (Total Quality Management)*. Ghalia Indonesia.
- Nasution, M. N. (2015). *Manajemen mutu terpadu*. Ghalia Indonesia.
- Octavia, T. (2000). *Statistical quality control*. Penerbit Andi.
- Russell, R. S., & Taylor, B. W. (2011). *Operations management (7th ed.)*. John Wiley & Sons.
- Tannady, H. (2015). *Pengendalian kualitas*. Graha Ilmu.
- Wulandari, S., & Amelia, R. (2012). *Pengendalian kualitas dengan pendekatan PDCA*. *Jurnal Teknik Industri*, 13(2), 85–92.

LAMPIRAN



Defect Sudut Potong Tidak Presisi



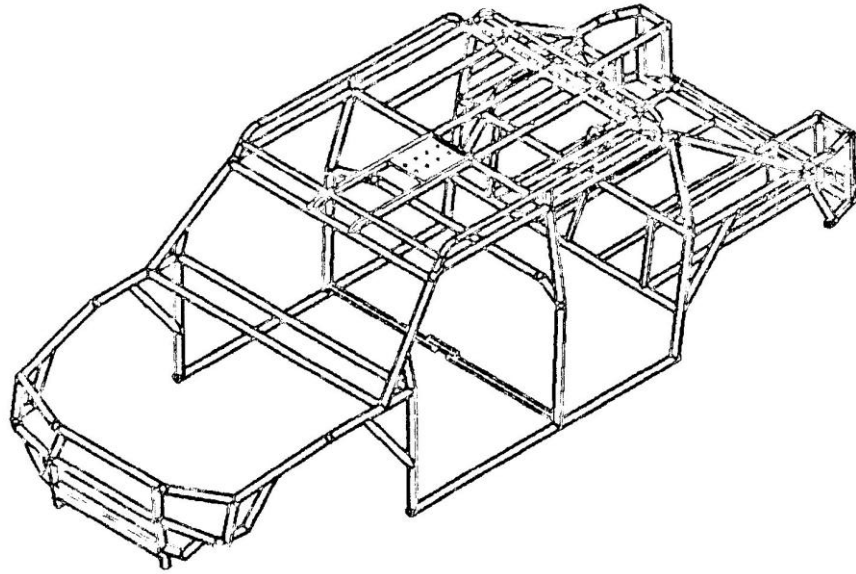
Defect Terdapat Retak (Crack)



Defect Sambungan Las Tidak Rata



Defect Terdapat Porositas Berlebih (Porosity)



Gambar Teknik Tubular Maung BRIMOB 4x4