

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK AC ALAT
BERAT DALAM MENGURANGI TINGKAT KLAIM GARANSI
MENGUNAKAN METODE *LEAN* SIX SIGMA DAN FMEA PADA
CV. NEW UTAMA TECHNIC**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Program Studi Teknik Industri - Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**



Nama : Putri Rosihatul Zahra
No. Mahasiswa : 22522112

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2026**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mengakui bahwa tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang seluruhnya sudah saya jelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata terbukti pengakuan saya ini tidak benar dan melanggar peraturan yang sah maka saya bersedia ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Juni 2026


METERAI
TEMPEL
2940140X873281952
(Putri Rosihatul Zahra)
NIM 22522112

SURAT BUKTI PENELITIAN



NPWP:02.182.690.4-006.000

NEW UTAMA TECHNIC

AUTOMOTIVE & HEAVY EQUIPMENT AIR CONDITIONING

Jalan Pahlawan Komarudin Lama No. 26 Jakarta Timur 13910

☎ 021-4612382 | 081399218389 | 081316570005 | 08179106373

Email : newutamatechnic@gmail.com

SURAT KETERANGAN

012/SK/NUT/05/2026

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Mohammad Arif Nurabdilah.

Jabatan : Direktur CV. New Utama Technic.

Menerangkan bahwa :

Nama : Putri Rosihatul Zahra.

NIM : 22522112.

Telah menyelesaikan magang dan penelitian untuk keperluan Tugas Akhir di CV. New Utama Technic yang berlokasi di Jalan Pahlawan Komarudin No.26, Cakung, Jakarta Timur dengan **BAIK** sejak 22 Desember 2025 sampai dengan 26 Desember 2025 dan 20 April 2026 sampai dengan 30 April 2026.

Demikian surat keterangan ini dibuat agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Jakarta, 4 Mei 2026.

Hormat kami,

Mohammad Arif Nurabdilah.

Direktur CV. New Utama Technic.

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK AC ALAT BERAT
DALAM MENGURANGI TINGKAT KLAIM GARANSI MENGGUNAKAN
METODE *LEAN* SIX SIGMA DAN FMEA PADA CV. NEW UTAMA TECHNIC**



Dosen Pembimbing

(Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPU., ASEAN.Eng)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

**ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PRODUK AC ALAT BERAT
DALAM MENGURANGI TINGKAT KLAIM GARANSI MENGGUNAKAN
METODE *LEAN SIX SIGMA* DAN FMEA PADA CV. NEW UTAMA TECHNIC**

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Putri Rosihatul Zahra

No. Mahasiswa : 22522112

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Fakultas Tekonologi Industri
Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, Juni 2026

Tim Penguji

Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPU.,
ASEAN.Eng

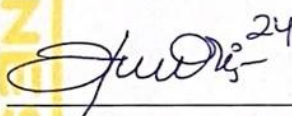
Ketua

Dr. Ir. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng., IPU.

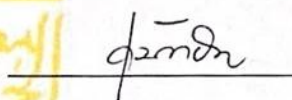
Anggota I

Didin Dwi Novianto, S.T., M.LSCM.

Anggota II

 24/06/2026

 22/26.
16



Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri Program Sarjana
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia



Ir. M. Ridwan Aedi Purnomo, S. T., M. Sc., Ph.D., IPM.
NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbil'alamin, Tugas Akhir ini saya persembahkan bagi diri saya sendiri sebagai bentuk apresiasi atas keteguhan dan kerja keras dalam menyelesaikan perjalanan akademik sebagai sarjana Teknik Industri Universitas Islam Indonesia. Persembahan utama juga kepada kedua orang tua tercinta, Ibu Heni Rohmalia dan Bapak Ali Shabih, dan Kakak saya Yoga Alif Ma'luf atas doa serta dukungan yang tiada henti.

MOTTO

"Dan janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah. Sesungguhnya tiada berputus dari rahmat Allah melainkan orang-orang yang kufur."
(QS Yusuf: 87)

"In God we trust, all others must bring data."
(W. Edwards Deming)

"Kalau sudah diimani, *don't over-think*.
Kalau sudah didoakan, *don't over-worried*.
Kalau sudah berserah, *let go and let god*."

KATA PENGANTAR

Segala puji penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyusun Laporan Tugas Akhir ini dengan sebaik-baiknya yang berjudul "Analisis Pengendalian Kualitas Produk AC Alat Berat dalam Mengurangi Tingkat Klaim Garansi menggunakan Metode Lean Six Sigma dan FMEA pada CV. New Utama Technic". Shalawat dan salam tak lupa penulis haturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan seluruh umatnya hingga akhir zaman.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis menghadapi berbagai kesulitan dan kendala. Namun, berkat kerja keras dan dukungan, bimbingan, dan doa dari banyak pihak, penulis berhasil menyelesaikannya. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. selaku Ketua Jurusan S1 Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
4. Bapak Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
5. Ibu Dr. Ir. Dwi Handayani, S.T., M.Sc., IPU., ASEAN.Eng selaku dosen pembimbing laporan Tugas Akhir yang telah memberikan arahan, bimbingan, motivasi, dan ilmu yang sangat berarti sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Mohammad Arif Nurabdilah selaku pemilik CV. New Utama Technic yang telah memberikan izin penelitian, dukungan, serta kesempatan untuk memperoleh data dan informasi yang dibutuhkan selama proses penelitian berlangsung.
7. Orang Tua, Kakak kandung, Kakak ipar dan Keponakan penulis yang selalu mendoakan, mendukung, serta memberikan semangat dalam perjalanan Tugas Akhir dan penyusunan Laporan Tugas Akhir.
8. Teman-teman terdekat saya dan teman-teman Laboratorium ERP yang selalu kebersamai dalam berproses dan berkembang.

ABSTRAK

Tingginya tingkat klaim garansi dari *customer* PT. United Tractors Tbk pada produk AC alat berat di CV. New Utama Technic menunjukkan masih adanya permasalahan kualitas yang terjadi secara berulang selama masa operasional produk. Disisi lain, perusahaan tidak dapat mengubah kebijakan masa garansi yang telah ditetapkan serta memiliki keterbatasan dalam melakukan penyesuaian harga jual produk. Kondisi tersebut menyebabkan peningkatan biaya perbaikan, *rework*, serta beban operasional perusahaan selama masa garansi. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menentukan kegagalan dominan berdasarkan analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), mengidentifikasi penyebab potensial kegagalan, serta memberikan usulan perbaikan menggunakan metode poka-yoke. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Lean Six Sigma* menggunakan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control*) dan FMEA untuk membantu identifikasi masalah secara sistematis dan menentukan prioritas perbaikan berdasarkan tingkat risiko kegagalan. Hasil pengukuran sigma level menunjukkan proses produksi berada pada level sigma 3,01 dengan DPMO sebesar 56.911, yang mengindikasikan masih tingginya peluang kegagalan dalam proses. Analisis FMEA didapatkan dua kegagalan dominan yaitu A8 pada komponen *bracket* dan A9 pada komponen *wiring* dengan nilai RPN keduanya adalah 120. Usulan perbaikan melalui penggantian material berupa penggunaan *heat shrink waterproof* dan penggunaan cat anti karat, serta penerapan metode *poka-yoke* berupa penandaan warna pada titik kritis *bracket*, panduan visual dan pemisahan wadah *heat shrink* berdasarkan ukuran dan warna. Rekomendasi pengendalian diberikan berupa penambahan dan pembaruan lembar *checklist* QC pada masing-masing komponen. Dengan asumsi efektivitas perbaikan sebesar 70%, level sigma diproyeksikan meningkat menjadi 3,26 dengan DPMO membaik menjadi 38.743, yang menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diberikan mampu meminimalkan potensi kegagalan dan menurunkan tingkat klaim garansi secara signifikan.

Kata kunci: Pengendalian Kualitas, *Lean Six Sigma*, FMEA, Poka-yoke, Klaim Garansi.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN	i
SURAT BUKTI PENELITIAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Penelitian.....	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Kajian Literatur.....	8
2.2 Landasan Teori	15
2.2.1 Pengendalian Kualitas	15
2.2.2 Garansi	15
2.2.3 Six Sigma	16
2.2.4 Failure Mode Effect and Analysis (FMEA).....	21
2.2.5 Poka-Yoke.....	24
BAB III METODE PENELITIAN	25
3.1 Objek Penelitian.....	25
3.2 Pengumpulan Data.....	25
3.3 Alur Penelitian	26
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	30
4.1 Pengumpulan Data.....	30
4.1.1 Profil Perusahaan	30
4.1.2 Proses Bisnis	32
4.1.3 Jumlah Klaim Garansi 2025.....	32
4.1.4 Jenis Kegagalan (failure) Klaim Garansi	33
4.1.5 Rating Severity, Occurance dan Detection	36
4.2 Pengolahan Data	36
4.2.1 Define.....	36
4.2.2 Measure	37
4.2.3 Analyze	39
4.2.4 Improve	46
4.2.5 Control.....	50
BAB V PEMBAHASAN.....	51

5.1	Analisis <i>Define</i>	51
5.1.1	Analisis Critical to Quality (CTQ).....	51
5.1.2	Analisis Diagram SIPOC	52
5.2	Analisis <i>Measure</i>	53
5.2.1	Perhitungan Sigma Level	53
5.2.2	Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).....	54
5.3	Analisis <i>Analyze</i>	56
5.4	Analisis <i>Improve</i>	57
5.4.1	Analisis Improve A8	57
5.4.2	Analisis Improve A9	60
5.4.3	Perhitungan Estimasi Sigma Level Setelah Implementasi.....	64
5.5	Analisis <i>Control</i>	65
BAB VI PENUTUP		68
6.1	Kesimpulan	68
6.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN.....		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kajian Literatur.....	8
Tabel 2. 2 Kajian Literatur Jenis Objek dan Metode	10
Tabel 2. 3 Sigma Level	19
Tabel 2. 4 <i>Rating Severity</i>	21
Tabel 2. 5 <i>Rating Occurance</i>	22
Tabel 2. 6 <i>Rating Detection</i>	23
Tabel 2. 7 <i>Risk Priority Category</i>	24
Tabel 3. 3 Jenis Pengumpulan Data.....	25
Tabel 4. 1 Jumlah Klaim Garansi 2025	33
Tabel 4. 2 Jenis Kegagalan Klaim Garansi.....	33
Tabel 4. 3 <i>Critical to Quality</i> (CTQ)	36
Tabel 4. 4 Data Perhitungan Sigma Level	38
Tabel 4. 5 Identifikasi Kegagalan Dominan Klaim Garansi.....	39
Tabel 4. 6 Perhitungan <i>Risk Priority Number</i> (RPN)	42
Tabel 4. 7 Data Perhitungan Estimasi Sigma Level Setelah Implementasi Usulan	48
Tabel 5. 1 Rekomendasi Lembar <i>Control Checklist Bracket</i>	66
Tabel 5. 2 Rekomendasi Lembar <i>Control Checklist Wiring</i>	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Klaim Garansi.....	2
Gambar 1. 2 Persentase Klaim Garansi	2
Gambar 2. 1 Siklus DMAIC	17
Gambar 2. 2 Diagram SIPOC	17
Gambar 2. 3 Kerangka Diagram Pareto.....	18
Gambar 2. 4 Kerangka <i>Control Chart</i>	19
Gambar 2. 5 Kerangka <i>Cause & Effect Chart</i>	20
Gambar 3. 1 Alur Penelitian 1	26
Gambar 3. 2 Alur Penelitian 2	27
Gambar 4. 1 Lokasi CV. New Utama Technic	30
Gambar 4. 2 Spesifikasi AC	31
Gambar 4. 3 Sistem AC	31
Gambar 4. 4 Klaim <i>Compressor Broken</i>	34
Gambar 4. 5 Klaim <i>Switch Selector</i>	34
Gambar 4. 6 Klaim <i>O ring Hose Condensore</i>	35
Gambar 4. 7 Klaim <i>Bracket Broken</i>	35
Gambar 4. 8 Klaim <i>Wiring Harness</i>	36
Gambar 4. 9 Diagram SIPOC	37
Gambar 4. 10 <i>Fishbone A8</i>	45
Gambar 4. 11 <i>Fishbone A9</i>	45
Gambar 5. 1 Usulan Cat Anti Karat.....	58
Gambar 5. 2 Usulan Panduan Penandaan Titik Kritis	58
Gambar 5. 3 Ilustrasi Penggunaan Penanda Warna Membantu Deteksi	59
Gambar 5. 4 Usulan <i>Heat Shrink Waterproof</i>	60
Gambar 5. 5 <i>Heat Gun</i>	61
Gambar 5. 6 Usulan Panduan Pemilihan <i>Heat Shrink</i>	61
Gambar 5. 7 Usulan Panduan Cara Pemakaian <i>Heat Shrink</i>	62
Gambar 5. 8 Usulan Acuan Hasil Penggunaan <i>Heat Shrink</i>	62
Gambar 5. 9 Usulan Pemisahan Penyimpanan <i>Heat Shrink</i>	63

BAB I

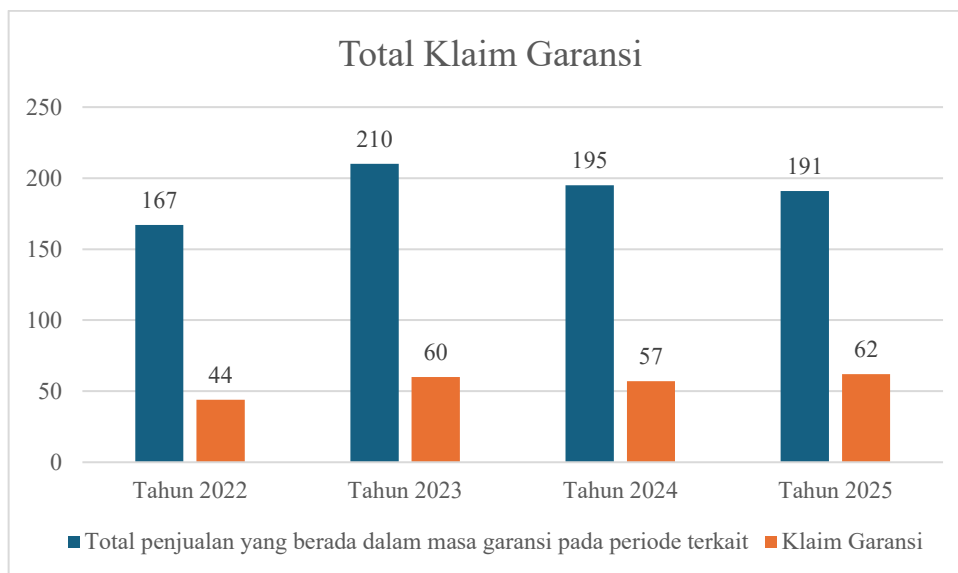
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

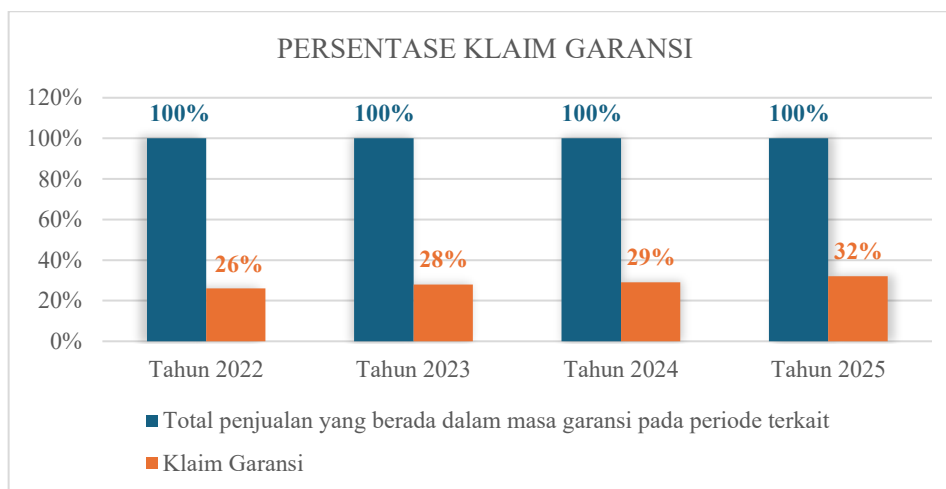
Industri alat berat merupakan salah satu sektor yang strategis sebagai penopang keberlangsungan jalannya kegiatan seperti pertambangan, konstruksi, kehutanan, dan pembangunan infrastruktur di Indonesia. Penggunaan alat berat dalam melakukan kegiatan operasional membutuhkan kondisi lingkungan kerja yang nyaman sebagai faktor dalam menjaga produktivitas operator, terutama ketika bekerja di lingkungan dengan kondisi yang ekstrim seperti area tambang, cuaca dengan panas tropis dan daerah berdebu. Dalam penelitian (Han et al., 2024), membuktikan bahwa lingkungan yang tidak terkontrol secara termal dapat sangat mempengaruhi produktivitas dan efektivitas kerja operator dalam jam kerja panjang dan kondisi medan yang berat. Keadaan tersebut menjadi alasan nyata dan kuat bagi produsen atau distributor alat berat dalam mengoptimalkan penggunaan alat dengan menambahkan fitur *Air Conditioner* (AC) pada kabin seperti PT. United Tractors Tbk. Namun pada kondisi nyata, alat berat yang mereka beli dari produsen tidak memiliki kelengkapan komponen pendingin kabin, sehingga diperlukan kerja sama dengan vendor AC alat berat untuk proses penambahan fitur tersebut.

CV. New Utama Technic merupakan salah satu vendor penyedia dan perakitan AC alat berat yang sejak 2004 hingga saat ini menjalin kerja sama dengan PT United Tractors Tbk. Sebagai vendor, CV. New Utama Technic wajib mengikuti ketentuan dan standar yang sudah ditetapkan, salah satunya adalah penetapan masa garansi yang ditentukan berlaku selama 1 tahun sejak unit dikirimkan kepada pelanggan. Ketentuan ini bersifat mengikat dan tidak dapat diubah begitu saja, sehingga vendor tidak dapat memiliki fleksibilitas dalam mengurangi periode garansi, meskipun harga yang diberikan berbeda dengan harga yang dikenakan kepada pelanggan umum. Kondisi ini menjadi semakin menantang ketika vendor mengalami permasalahan terkait tingginya tingkat klaim garansi. Vendor harus menanggung seluruh biaya perbaikan seperti penggantian komponen, transportasi dan akomodasi yang sering kali berada di daerah terpencil. Hal ini menyebabkan tekanan finansial semakin besar setiap kemunculan klaim yang dipengaruhi juga oleh lamanya masa garansi tersebut. Pada Gambar 1. 1 merupakan

grafik klaim karansi berdasarkan 4 tahun terakhir secara berturut-berturut dan gambar 1. 2 merupakan detail jumlah klaim garansi 2025.



Gambar 1. 1 Jumlah Klaim Garansi



Gambar 1. 2 Persentase Klaim Garansi

Berdasarkan data internal Perusahaan pada gambar 1.1, jumlah klaim garansi produk AC alat berat menunjukkan kecenderungan peningkatan dalam beberapa tahun terakhir. Pada tahun 2022 tercatat sebanyak 44 klaim dari total 167 penjualan yang memiliki masa garansi ditahun tersebut. Kemudian meningkat menjadi 60 klaim pada tahun 2023 dengan total penjualan sebanyak 210 unit dari penjualan yang memiliki masa

garansi ditahun tersebut. Meskipun pada tahun 2024 jumlah klaim sedikit mengalami penurunan menjadi 57 klaim dari 195 penjualan, angka tersebut masih tergolong tinggi dan menunjukkan bahwa permasalahan yang ada belum terselesaikan secara sistematis melainkan terjadinya fluktuasi yang mengindikasikan variasi proses dan kegagalan produk yang masih berulang. Hal ini dibuktikan dengan catatan hasil klaim tahun 2025 meningkat kembali menjadi 62 klaim dari total 191 dari penjualan yang memiliki masa garansi ditahun tersebut.

Pada Gambar 1. 2 menunjukkan persentase perbandingan antara total penjualan dan jumlah klaim garansi dalam 4 tahun terakhir. Pada tahun 2022, persentase klaim garansi sebesar 26%, kemudian meningkat menjadi 28% pada tahun 2023. Pada tahun 2024 kembali meningkat sampai 29% dan pada tahun 2025 mencapai 32%. Kondisi ini menunjukkan bahwa dari seluruh unit yang terjual, masih terdapat sejumlah produk yang mengalami kerusakan selama masa garansi. Kondisi ini menunjukkan adanya *gap* yang cukup besar dibandingkan standar maksimal klaim garansi perusahaan yang ditetapkan sebesar 10% per tahun. Namun, upaya yang dilakukan perusahaan saat ini masih berorientasi pada penanganan klaim setelah kerusakan terjadi tanpa adanya *improvement* yang spesifik dan terstruktur untuk mencegah terulangnya kegagalan yang sama. Dalam hal ini, apabila permasalahan ini tidak segera ditangani, tidak hanya berdampak pada tingginya tingkat beban biaya garansi saja, tapi berpengaruh juga dalam penurunan efisiensi operasional perusahaan dalam menyediakan produk yang berkualitas.

Di sisi lain, dengan kondisi ekonomi saat ini, mengharuskan CV. New Utama Technic berada pada posisi yang terbatas dalam melakukan penyesuaian harga, mengingat kerja sama yang dilakukan sudah jangka panjang, sehingga vendor harus menjaga kestabilan harga. Selain itu, munculnya banyak pesaing baru juga menyebabkan penyempitan ruang untuk menaikkan harga sebagai kompensasi atas meningkatnya klaim garansi, sehingga kenaikan harga tidak mungkin dilakukan. Oleh karena itu, kualitas produk menjadi fokus kendali utama dalam menekan tingkat klaim garansi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa pengajuan klaim garansi pada dasarnya terjadi ketika suatu produk mengalami kerusakan atau tidak sesuai dengan standar kualitas yang dijanjikan. Ketika kualitas barang tetap terjaga dan berfungsi dengan baik maka konsumen tidak akan memiliki alasan untuk melakukan pengajuan klaim. Dimana pada hal ini, jika kualitas produk lebih baik, maka kemungkinan terjadinya kerusakan akan semakin kecil, sehingga klaim garansi dapat berkurang secara signifikan. Dengan

demikian, diperlukan sebuah pendekatan peningkatan kualitas yang sistematis berdasarkan data yang mampu membantu dalam mengidentifikasi akar masalah dan merumuskan tindakan perbaikan yang tepat sasaran. Salah satu metode yang bisa digunakan adalah *lean six sigma*.

Pada karakteristik permasalahan perusahaan yang didominasi oleh kegagalan produk selama masa garansi, tentunya akan menghasilkan pemborosan (*waste*) seperti *rework* dan biaya perbaikan. Oleh karena itu, dapat diterapkan kombinasi poka-yoke sebagai *tools lean* yang relevan. Poka-yoke berfokus pada pencegahan kesalahan (*mistake-proofing*) sejak awal proses dan strategi dalam meminimalkan terjadinya kerusakan sejak sumbernya (Laily & Adriantantri, 2025). Poka-yoke pertama kali dikembangkan sebagai bagian dari filosofi *Toyota Production System* (TPS). *Tools lean* lainnya seperti kanban atau *waste assessment model* (WAM) lebih tepat digunakan pada permasalahan yang berkaitan dengan aliran proses atau pengukuran *waste* secara *agregat* pada sistem produksi volume makro, sehingga pemilihan *tools* juga harus disesuaikan dengan karakteristik permasalahan yang dihadapi (Prawira et al., 2024). Menurut Shingo, poka-yoke memfokuskan pada identifikasi tahapan proses yang rawan kesalahan dan penerapan mekanisme pencegahan atau deteksi dini, sehingga variasi proses dapat ditekan dan konsistensi kualitas produk dapat ditingkatkan secara berkelanjutan (Shingo, 1986). Diperlukan suatu proses pengendalian kualitas untuk memperdalam penyelesaian ini. Adapun metode pengendalian kualitas yang biasanya digunakan seperti *statistical quality control* (SQC) berfokus pada pemantauan kestabilan proses secara umum melalui alat statistik, sehingga hanya menunjukkan apakah proses berada dalam kondisi terkendali atau tidak tanpa mampu menjelaskan secara rinci penyebab kegagalan yang terjadi. Sedangkan, *total quality management* (TQM) cenderung bersifat budaya organisasi, filosofis dan kurang terstruktur secara statistik sehingga kurang memberikan langkah analisis untuk menentukan penyebab utama dan prioritas perbaikan berdasarkan data pada penelitian ini (Patyal & Maddulety, 2015). Pendekatan *lean* sebelumnya lebih sejalan dengan prinsip six sigma yang bertujuan mengurangi variasi proses dan kegagalan produk melalui pengendalian akar penyebab kegagalan produk. Hal ini dikarenakan permasalahan pada penelitian ini tidak hanya berkaitan dengan kestabilan proses secara umum, tetapi juga melibatkan berbagai jenis kegagalan yang muncul pada klaim garansi (Antony, 2006).

Six sigma digunakan sebagai dasar utama kerangka penyelesaian penelitian ini, merupakan suatu metode pengendalian terstruktur. Metode ini berfokus pada penerapan pendekatan DMAIC yang terdiri dari beberapa tahapan yaitu *Define, Measure, Analyze, Improve, and Control* sebagai kerangka kerja dalam meningkatkan kualitas produk. Kerangka kerja tersebut memberikan pendekatan yang sistematis dan berbasis data dalam mengurangi variasi proses dan kegagalan produk (Haekal, 2021). Selain itu, metode ini juga banyak digunakan dalam menilai kualitas produk melalui pendekatan berkala terkait kecacatan atau kegagalan produk. Pada fokus peningkatan kapabilitas proses, metode ini dapat mengidentifikasi kegagalan dominan sehingga produk yang dihasilkan bisa menjadi lebih konsisten dan andal dalam jangka panjang. Penekanannya pada pencegahan masalah melalui pengendalian proses secara menyeluruh (Subekti et al., 2025). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pendekatan DMAIC mampu memberikan perbaikan kualitas yang lebih terukur dibandingkan dengan pengendalian kualitas lainnya. Pada studi *review* oleh Patyal & Maddulety, DMAIC menyediakan kerangka metodologis yang terstruktur dan berorientasi pada analisis proses yang dapat memudahkan identifikasi masalah kritis dan penentuan prioritas perbaikan secara sistematis serta memiliki keunggulan yang signifikan dalam beberapa aspek tertentu (Patyal & Maddulety, 2015). Dalam implementasi dengan fokus identifikasi kegagalan, DMAIC khususnya pada *measure* dapat digunakan pendekatan *failure mode and effects analysis* (FMEA). FMEA berfungsi sebagai alat identifikasi tentang bagaimana suatu produk, proses maupun sistem bisa mengalami suatu kegagalan atau tidak ketepatan hasil. Melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN), FMEA membantu menentukan kegagalan yang paling dominan dan berisiko tinggi, sehingga hasil pengukuran dapat digunakan sebagai dasar analisis dan perbaikan proses secara lebih terarah (Saladin & Suef, 2025).

Dengan demikian, penelitian ini dilakukan menggunakan metode diatas dalam upaya memberikan kontribusi nyata menganalisis dan membantu perbaikan kualitas produk AC alat berat. Hasilnya diharapkan dapat meminimalkan tingkat klaim garansi dan mendukung peningkatan kinerja operasional CV. New Utama Technic sebagai vendor pendukung industri alat berat di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang dialami oleh CV. New Utama Technic sebagai perusahaan pembuat alat berat terdapat pada tingginya klaim garansi produk yang terjadi setiap tahunnya. Klaim garansi tersebut berdampak langsung pada meningkatnya biaya perbaikan,

aktivitas *rework*, serta beban operasional perusahaan selama masa garansi. Kondisi ini menunjukkan bahwa dibutuhkan pengendalian khususnya pada kualitas dalam menurunkan jumlah klaim garansi dan meningkatkan keandalan kualitas produk AC alat berat melalui identifikasi:

1. Bagaimana CTQ dan alur proses berdasarkan SIPOC?
2. Berapa tingkat sigma dan DPMO pada proses produksi berdasarkan klaim garansi?
3. Apa kegagalan dominan berdasarkan FMEA dan akar masalah yang akan ditindaklanjuti berdasarkan *fishbone diagram*?
4. Bagaimana usulan perbaikan menggunakan metode poka-yoke beserta estimasi penerapannya?
5. Bagaimana rekomendasi pengendalian untuk menjaga hasil usulan perbaikan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut adalah tujuan penelitian berdasarkan dari rumusan masalah yang dibuat:

1. Mengetahui CTQ dan alur proses menggunakan SIPOC.
2. Mengetahui tingkat sigma dan DPMO pada proses produksi berdasarkan klaim garansi.
3. Mengetahui kegagalan dominan berdasarkan FMEA dan akar masalah yang akan ditindaklanjuti berdasarkan *fishbone diagram*.
4. Merumuskan usulan perbaikan menggunakan metode poka-yoke beserta estimasi penerapannya.
5. Memberikan rekomendasi pengendalian untuk menjaga hasil perbaikan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan berbagai pihak yang bersangkutan dari terselenggarakannya pembuatan tugas akhir ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Bagi CV. New Utama Technic
 - a. Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai dasar informasi dalam mengevaluasi proses perakitan dan kontrol kualitas produk AC alat berat.
 - b. Penelitian ini dapat dimanfaatkan sebagai acuan implementasi saran yang telah diberikan.
2. Bagi Peneliti
 - a. Mengetahui penerapan keilmuan yang telah dipelajari dalam bidang teknik industri.
 - b. Sebagai perbandingan ilmu antara teori teknik industri dengan penerapan di dunia

nyata khususnya pada keilmuan rekaya kualitas dan manajemen resiko.

3. Bagi Perguruan Tinggi

- a. Penelitian ini dapat dijadikan acuan maupun referensi bagi penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan metode *lean six sigma* dan FMEA dalam upaya peningkatan kualitas produk.
- b. Penelitian ini dapat memperkaya literatur terkait pendekatan meningkatkan kualitas melalui di industri alat berat maupun manufaktur.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang ditentukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada Desember 2025 dan April 2026.
2. Penelitian hanya difokuskan pada permasalahan kualitas produk AC alat berat yang menyebabkan klaim garansi tahun 2025 di CV. New Utama Technic pada *customer* PT. United Tractors Tbk.
3. Tindak lanjut *improvement* dan *control* yang dihasilkan dan diusulkan bersifat rekomendasi.
4. Tidak membahas aspek biaya investasi, perubahan harga jual, maupun kebijakan kontrak garansi dengan pihak *principal* secara rinci. Estimasi kerugian yang digunakan pada tahap *measure* (FMEA) dan tahap *analyze* hanya bersifat pendekatan untuk menggambarkan tingkat dampak kegagalan dan pengambilan keputusan, bukan sebagai analisis finansial yang komprehensif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Tinjauan pustaka berisikan kajian literatur dan landasan teori yang digunakan untuk mendukung suatu penelitian yang dilakukan. Kajian literatur didapatkan dari jurnal penelitian dan sumber-sumber lainnya. Sedangkan landasan teori merupakan pengertian dan penjelasan teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini. Berikut merupakan kajian literatur yang disusun berdasarkan 15 penelitian terdahulu yang membahas penerapan metode *lean* six sigma serta *failure mode and effect analysis* (FMEA) dalam upaya peningkatan kualitas yang sesuai dengan penelitian ini. Secara umum, penelitian tersebut menunjukkan kesamaan tujuan yang berada tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Kajian Literatur

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode
1	(Febriana & Hasbullah, 2021)	<i>Analysis and Defect Improvement Using FTA, FMEA, and MLR Through DMAIC Phase: Case Study in Mixing Process Tire Manufacturing Industry</i>	Lean (Poka-yoke) six sigma dan FMEA
2	(Hernadewita et al., 2022)	<i>Enhance quality improvement through lean six sigma in division Sideboard Clavinova piano's</i>	Lean (VSM) six sigma dan FMEA
3	(Pongboonchai-Empl et al., 2025)	<i>DMAIC 4.0 in Action: introducing MSA 4.0 and Poka Yoke 4.0</i>	Lean (Poka-yoke) six sigma dan FMEA
4	(Omisola et al., 2024)	<i>A Predictive Quality Assurance Model Using Lean Six Sigma: Integrating FMEA, SPC, and Root Cause Analysis for Zero-Defect Production Systems</i>	Lean (Poka-yoke) six sigma dan FMEA

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode
5	(Reza et al., 2025)	<i>Achieving strategic goals by Lean continuous improvement and lean manufacturing implementation: A structural equation model -system dynamics approach</i>	Lean (Kaizen dan Poka-yoke) dan TQM
6	(Basuki et al., 2023)	<i>Combined Waste Assessment Model and Fuzzy-FMEA in Lean Six Sigma for Generating Waste Reduction Strategy: A Proposed Model</i>	Lean (WAM) six sigma dan Fuzzy FMEA
7	(Kenge & Khan, 2023)	<i>A Lean Six Sigma case study to improve the manufacturing process affected during COVID-19</i>	Lean (VSM & Kaizen) six sigma dan FMEA
8	(Pricilia et al., 2023)	<i>Quality Improvement of Ceramic Insulator with Six Sigma Method</i>	Poka-yoke, Six Sigma dan FMEA
9	(Nathanael Sitanggang, 2025)	<i>Application of Lean Six Sigma and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to Reduce Waste Defects in The Paper Slitting Production Process on Release Liner at Paper Manufacturing Company</i>	Lean (VSM) six sigma dan FMEA
10	(Hidayat et al., 2021)	<i>Lean Manufacturing Integration in Reducing the Number of Defects in the Finish Grinding Disk Brake with DMAIC and FMEA Methods in the Automotive Sub Industry Company</i>	Lean (5S) six sigma dan FMEA
11	(Azizah et al., 2024)	<i>Usulan Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi Tahu dengan Metode Six Sigma dan Poka Yoke</i>	Lean (Poka-yoke) six sigma dan Fuzzy FMEA
12	(Muvidah et al., 2023)	<i>Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Lean Six Sigma dan</i>	Lean (VSM) six sigma dan Fuzzy FMEA

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Metode
		Fuzzy FMEA Dalam Upaya Menekan Kecacatan Produk	
13	(Tasyari et al., 2024)	Perbaikan Sistem Pengendalian Kualitas Produk Saus Botol Plastik untuk Menurunkan Reject Rate dengan Metode DMAIC dan Poka Yoke	<i>Lean</i> (Poka-yoke) six sigma dan FMEA
14	(Zakaria et al., 2022)	Usulan Perbaikan Mesin <i>Crusher</i> CDS-V2 dengan Metode FMEA dan Poka Yoke di PT. XYZ	<i>Lean</i> (Poka-yoke) dan FMEA
15	(Aura Salsabila Yusup & Ade Momon S, 2025)	Analisis Penerapan Metode <i>Statistical Process Control</i> untuk Mengendalikan Kualitas Produk Papan <i>Plywood</i> Dekoratif	<i>Lean</i> (Poka-yoke) dan SPC

Berdasarkan tabel diatas, berikut dapat disajikan uraian lebih ringkas dalam bentuk poin yang menjelaskan objek dan metode yang lebih menggambarkan tujuan penelitian dari jurnal-jurnal yang dijadikan sebagai referensi dalam penelitian ini pada tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Kajian Literatur Jenis Objek dan Metode

No	Penulis	Objek											Metode	
		Manufaktur	Pangan	Kreatif	Six Sigma	TQM	SPC	Poka-yoke	Kaizen	VSM	5S	WAM	FMEA	Fuzzy
1	(Febriana & Hasbullah, 2021)	√			√			√					√	
2	(Hernadewita et al., 2022)	√			√					√			√	

No	Penulis	Objek				Metode								
		Manufaktur	Pangan	Kreatif	Six Sigma	TQM	SPC	Poka-yoke	Kaizen	VSM	5S	WAM	FMEA	Fuzzy
3	(Pongboonchai-Empl et al., 2025)	√			√			√					√	
4	(Omisola et al., 2024)	√			√		√	√					√	
5	(Reza et al., 2025)	√				√		√	√					
6	(Basuki et al., 2023)	√			√							√	√	√
7	(Kenge & Khan, 2023)	√			√				√	√			√	
8	(Pricilia et al., 2023)			√	√			√					√	
9	(Nathanael Sitanggang, 2025)	√			√					√			√	
10	(Hidayat et al., 2021)		√		√						√		√	
11	(Azizah et al., 2024)	√			√			√					√	√
12	(Muvidah et al., 2023)	√			√					√			√	√
13	(Tasyari et al., 2024)	√			√			√					√	
14	(Zakaria et al., 2022)	√						√					√	

No	Penulis	Objek					Metode							
		Manufaktur	Pangan	Kreatif	Six Sigma	TQM	SPC	Poka-yoke	Kaizen	VSM	5S	WAM	FMEA	Fuzzy
15	(Aura Salsabila Yusup & Ade Momon S, 2025)			√			√	√						
16	Penelitian Ini	√			√			√					√	

Studi literatur terdahulu tersebut menunjukkan variasi pendekatan dalam menangani kegagalan dan kecacatan produk, semua diatas dimulai dengan menggunakan alat pengendalian kualitas dasar hingga integrasi dengan metode yang lebih kompleks. Pada tahap fundamental, beberapa peneliti memfokuskan kajian pada penggunaan alat *lean* spesifik yang dikombinasikan dengan satu metode analisis statistik. Pada penelitian industri pengolahan kayu lapis (*plywood*) yang menggunakan integrasi *lean* (poka-yoke) dengan *statistical process control* (SPC) dalam mengendalikan kualitas papan dekoratif, membuktikan keefektifannya dalam memetakan batas kendali proses, namun hanya disajikan berdasarkan data statistik tanpa pendalaman risiko kegagalan dan ruang lingkupnya masih terbatas walaupun stabil (Aura Salsabila Yusup & Ade Momon S, 2025). Serupa dengan penelitian tersebut, pada perbaikan mesin Crusher CDS-V2, kombinasi *lean* (poka-yoke) dan FMEA secara langsung berhasil menurunkan tingkat *reject* dengan fokus identifikasi mode kegagalan mesin dan langsung menerapkan *fool-proofing*, meskipun tidak melalui tahapan pengendalian kualitas spesifik dan analisis variabilitas proses yang mendalam seperti dalam metodologi six sigma (Zakaria et al., 2022).

Pada penggunaan metodologi yang lebih komprehensif, standar *lean six sigma* (LSS) dengan FMEA terlihat sangat kuat dalam menyelesaikan permasalahan yang divariasikan dengan *tools lean* yang disesuaikan dengan karakteristik masalah yang dihadapi. Kelompok penelitian yang berfokus pada efisiensi alur produksi menunjukkan kecenderungan menggunakan instrumen *value stream mapping* (VSM) sebagai alat penyelesaian pada dalam tahapan *define* dan *measure*. Hal tersebut penggunaannya ada pada penelitian di industri piano

sideboard clavivova dan proses *paper slitting* yang menggunakan *lean* (VSM) six sigma. Hasilnya menunjukkan bahwa metode tersebut efektif dalam memvisualisasikan seluruh aliran material dan informasi guna mengeliminasi pemborosan (*waste*) yang ada sebelum dilakukan analisis risiko yang lebih mendalam lagi (Hernadewita et al., 2022; Nathanael Sitanggang, 2025). Sementara itu, pada lingkungan kerja yang menerapkan tingkat kedisiplinan yang tinggi seperti pada proses *grinding disk brake*, pendekatan LSS dapat diperkuat menggunakan metode 5S (*Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*) sebagai *tools* yang menciptakan keadaan awal yang stabil sebelum FMEA dijalankan dalam membantu memprioritas risiko dan pemilihan mitigasi (Hidayat et al., 2021). Di sisi lain, pada fokus menjaga keberlanjutan perbaikan ketika *pasca* pandemi, integrasi VSM & kaizen digunakan dengan hasil dan harapan perbaikan proses yang ada dapat bersifat kontinu dan adaptif (Kenge & Khan, 2023).

Ketika dihadapkan dengan karakteristik data yang memiliki ketergantungan yang rumit dan bersifat ambigu, penelitian tentu ada pada kompleksitas metodologi yang semakin meningkat. Pada kasus industri pangan seperti produksi tahu, di mana standar kualitas rasa dan tekstur sangat bergantung pada persepsi indra manusia, metode dialihkan menggunakan *fuzzy* FMEA dalam penanggulangan subjektivitas penilaian manusia saat menentukan angka risiko (RPN). Hasilnya, metode logika *fuzzy* ini dapat mengubah penilaian yang samar menjadi data kuantitatif yang presisi (Azizah et al., 2024). Pada pemetaan alur produksi dengan analisis risiko yang mampu menangani ketidakpastian data, penggunaan *value stream mapping* (VSM) dalam memetakan aliran informasi dan material guna mengidentifikasi aktivitas *non-value added*, ketika selesai dipetakan, analisis risiko diperdalam menggunakan *fuzzy* FMEA yang sama dalam menanggulangi subjektivitas penilaian manusia (Muvidah et al., 2023). Selain itu, dalam mengatasi masalah pemborosan yang rumit saling berkaitan, metode *waste assessment model* (WAM) digunakan. Penggunaannya dengan memberikan bobot matematis pada identifikasi, sehingga akar masalah yang paling dominan dapat ditangani dengan lebih akurat dibanding metode pembobotan biasa (Basuki et al., 2023).

Pada era transformasi digital, penelitian terkini mulai memperkenalkan integrasi DMAIC 4.0 yang ada pada six sigma dengan menggunakan MSA (*measurement system analysis*) dalam kerangka kerja *lean* (poka yoke). Ini menghasilkan temuan digitalisasi sistem pengukuran mampu mengeliminasi variasi operator secara total didukung dengan adanya penambahan sensor *real-time* (IoT) sehingga dapat jauh lebih akurat daripada menggunakan pengukuran manual. Hal ini menegaskan bahwa keputusan perbaikan kualitas yang tepat harus didasari oleh

sistem data yang bebas dari *human error* (Pongboonchai-Empl et al., 2025). Di sisi lain, pada penelitian yang mengembangkan *predictive quality assurance model*, membuktikan bahwa target produksi *zero defect* dapat dicapai ketika dengan intervensi dini sinyal data (*early warning system*), yang secara signifikan juga dapat menurunkan biaya material yang terbuang dan *rework*. Hasil tersebut didapat dengan menggabungkan tren data historis SPC, profil risiko FMEA yang dibantu dengan dan *Root Cause Analysis* (RCA) untuk memproyeksikan potensi kegagalan di masa depan sebelum terjadi (Omisola et al., 2024). Dalam level manajerial, penelitian (Reza et al., 2025) melakukan simulasi untuk menguji dampak kebijakan kualitas jangka panjang. Hasilnya membuktikan bahwa penggunaan atau implementasi metode poka-yoke dan kaizen secara signifikan meningkatkan kinerja strategis perusahaan dalam jangka panjang.

Pada penelitian yang menggunakan metode sama seperti penelitian ini, (Febriana & Hasbullah, 2021) membuktikan hasil integrasi FMEA dalam siklus six sigma mampu mengisolasi penyebab variasi pada proses *mixing* ban yang rumit dibantu dengan adanya poka-yoke yang berhasil menurunkan tingkat cacat *ply cord* secara drastis melalui penutupan celah kesalahan operator. Sementara itu, penelitian yang memfokuskan pada produk yang mempunyai karakteristik material yang rentan seperti isolator keramik, menunjukkan bahwa dengan adanya analisis statistik itu saja tidak cukup. Dalam upaya menaikkan level sigma perusahaan dapat dicapai dengan mengintegrasikan analisis kapabilitas proses six sigma dan FMEA yang menjadi landasan penentuan solusi teknis. Penempatan poka-yoke diterapkan secara spesifik pada penyebab masalah dengan RPN tertinggi untuk mencegah produk retak lolos ke proses selanjutnya (Pricilia et al., 2023). Selain itu, penelitian pada barang konsumsi saus botol plastik, memanfaatkan six sigma dapat melakukan deteksi penyimpangan pada mesin *sealing* kemasan saus botol plastik yang hasilnya menunjukkan bahwa analisis six sigma mampu memetakan jenis cacat *domina* melalui dukungan metode FMEA. Hasil analisis tersebut yang menjadi dasar perancangan mekanisme poka-yoke yang terbukti efektif mencegah kegagalan proses *sealing*, sehingga mampu meminimalkan *waste* material kemasan yang sebelumnya sering terjadi (Tasyari et al., 2024).

Secara keseluruhan, meskipun terjadi perkembangan metode dan digitalisasi yang menawarkan kompleksitas analisis, inti keberhasilan perbaikan kualitas pada akhirnya tetap bertumpu pada kemampuan mengeliminasi akar masalah khususnya secara fisik. Dari 15 penelitian terdahulu tersebut digunakan peneliti sebagai referensi. Dilakukan penetapan pilihan

metodologi antara six sigma melalui tahapan DMAIC yang dapat menyediakan kerangka kerja analisis data yang ketat untuk menekan variasi proses, FMEA yang dapat memberikan ketajaman dalam memprioritaskan risiko kritis, dan poka-yoke bertindak sebagai eksekutor solusi teknis yang menjamin masalah bisa tidak terulang.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah suatu proses yang dilakukan secara teknis dan manajerial dengan melakukan pengukuran secara langsung menggunakan atribut produk dan layanan yang sesuai. Hasil dari pengukuran selanjutnya dibandingkan dengan karakteristik yang diharapkan serta pemberian perbaikan untuk kedepannya (Nurfaizi & Setiafindari, 2024). Pengendalian kualitas ini dilakukan untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan serta memperbaiki kualitas produk yang belum sesuai standar dan mempertahankan kualitas yang sudah sesuai. Dengan kata lain, pengendalian kualitas adalah usaha dalam mempertahankan kualitas yang dihasilkan agar sesuai dengan harapan produk atau proses yang ditetapkan oleh perusahaan (Amarta & Hazimah, 2021)

Terdapat beberapa teknik dalam pengendalian kualitas dengan tujuan yang sama memastikan produk maupun jasa sesuai standar mutu yang diinginkan dan ditetapkan (Wahyuni & Sulistiyowati, W, 2021). Beberapa teknik yang dibahas antara lain yaitu *Statistical Quality Control* (SQC), *Total Quality Manajemen* (TQM), Sistem Manajemen Kualitas melalui penerapan ISO 9000, IWA 2 dan ISO 14000, *Quality Function Deployment* (QFD), *Failure Mode Effect Analysis* (FMEA), *Metode Service Quality* (*Servqual*), Six Sigma, SWOT dan *Lean*. Penerapan metode tersebut biasanya diperkuat dengan bantuan diagram kontrol (*control chart*) atau analisis *cause and effect* (*fishbone* diagram) untuk membantu menemukan *root causes* dari permasalahan yang ada.

2.2.2 Garansi

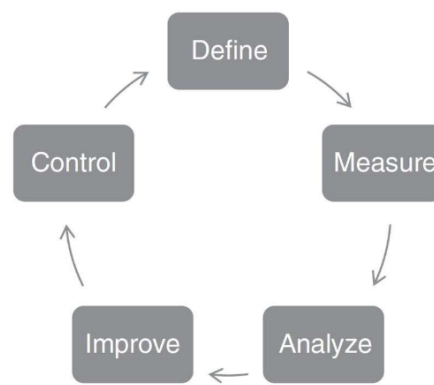
Menurut Shidarta (2015), garansi merupakan sebuah bentuk pelayanan yang dilakukan setelah secara resmi melakukan jual beli dengan konsumen. Garansi berupa jaminan yang dibuat dan disepakati oleh perusahaan pada tiap produk atau jasa yang dihasilkan. Terdapat sebuah perbedaan penyebutan spesifikasi garansi melalui kata "*guarantee*" dan "*warranty*". *Guarantee* dimaknai sebagai sebuah jaminan yang berfokus pada mutu produk secara utuh dan keseluruhan, sedangkan *warranty* dimaknai sebagai sebuah jaminan yang berfokus pada

komponen tertentu dari produk yang diberi untuk memastikan performa produk dapat maksimal saat digunakan.

Dalam implementasinya, garansi dapat diklaim oleh konsumen ketika terjadi suatu permasalahan dengan kualitas pada produk yang sudah dibeli atau digunakan. Dalam kata lain, jika produk tidak mengalami kerusakan atau cacat, maka garansi yang diklaim akan semakin sedikit bahkan tidak ada. Garansi dapat berupa jaminan dalam bentuk layanan perbaikan atau penggantian barang yang serupa dan senilai dengan barang dibeli. Pemberian ini diberikan dengan jangka waktu maksimal yang sudah disepakati oleh perusahaan kepada konsumen. Pada umumnya sekarang, produk-produk hanya diberikan masa garansi selama kurang lebih satu tahun (Masyittah et al., 2019). Selain itu, biasanya konsumen dilindungi oleh sebuah undang-undang yang berkaitan dengan hal ini sebagai pembantu jika ada permasalahan yang muncul dan tidak diinginkan terjadi saat masa garansi .

2.2.3 Six Sigma

Six Sigma adalah sebuah metode atau pendekatan yang digunakan untuk membantu dalam memaksimalkan efisiensi melalui identifikasi dan minimalisir penyebab kegagalan yang ditemukan. Six sigma menyediakan kerangka yang komprehensif dan fleksibel untuk memaksimalkan keberhasilan bisnis menggunakan fakta dan data, serta melakukan perbaikan proses secara berkelanjutan (Pande et al., 2000). Evaluasi kinerja pada metode ini dengan menggunakan tingkat sigma (*sigma level*). Semakin tinggi nilai sigma dan semakin mendekati tingkat enam sigma, maka kinerja dianggap semakin baik karena menunjukkan tingkat cacat atau kegagalan yang semakin rendah. Proses tersebut dilakukan untuk memaksimalkan angka produktivitas, memenuhi permintaan konsumen serta menghasilkan keuntungan atas kapitalisasi dengan lebih maksimal (Sabillah et al., 2024). Adapun manfaat yang diberikan yaitu dapat membantu memaksimalkan surplus, melakukan perbaikan mekanisme, inovasi produk dan layanan, serta menekankan pengembangan keterampilan pegawai dalam perbaikan. Dalam implementasinya, Six sigma umumnya menggunakan siklus atau kerangka kerja DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) dalam menyelesaikan masalah kualitas dengan menggabungkan pendekatan ilmu statistik (Rifaldi & Sudarwati, 2024).



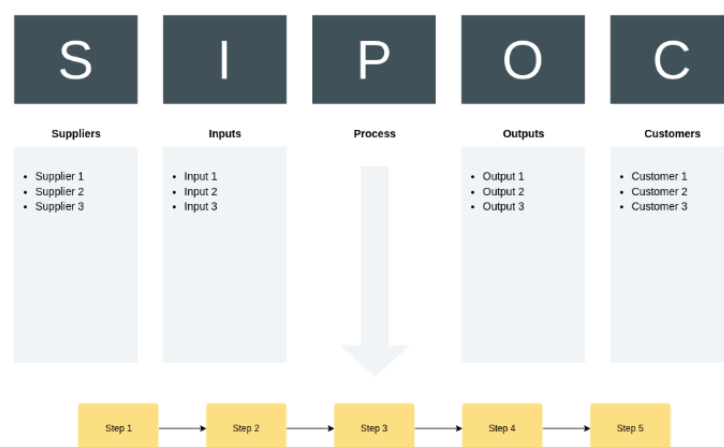
Gambar 2. 1 Siklus DMAIC

Adapun penjelasan detail dari tiap tahapan dalam proses peningkatan kualitas melalui six sigma yang terdiri dari 5 langkah yaitu sebagai berikut:

1. *Define*

Tahap ini berfokus pada identifikasi masalah utama pada proses yang sedang berjalan serta tertuju pada spesifik yang ingin dicapai terkait kualitas produknya. Biasanya dilakukan identifikasi pelanggan, kebutuhan yang diinginkan, dan harapan pada produk yang dituju (Khalisan & Hasibuan, 2025). Adapun tahapan pada fase ini yaitu sebagai berikut (Monday, 2022).:

- a. Penentuan CTQ (*critical to quality*) sebagai penanda kualitas yang diperuntukan sebagai pembantu dalam mengetahui suatu produk dalam sebuah kategori mana.
- b. Pembuatan diagram SIPOC sebagai alat yang bantu yang menggambarkan secara umum suatu proses sehingga dapat dideskripsikan secara jelas.



Gambar 2. 2 Diagram SIPOC

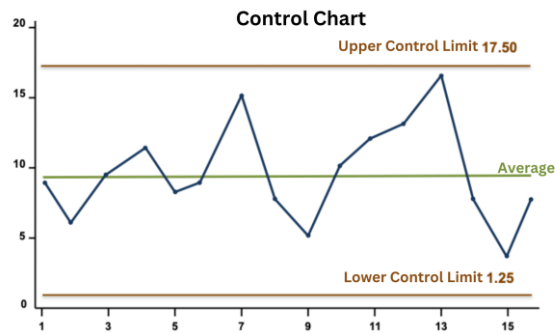
2. Measure

Tahap ini dilakukan sebuah pengumpulan data yang terlibat untuk selanjutnya dilakukan perhitungan sebagai dasar pemahaman seberapa besar masalah yang terjadi dan seberapa baik proses yang sudah berjalan sekarang (Monday, 2022). Proses ini dilakukan untuk mengetahui tingkat terjadinya *defect*, variasi, kegagalan serta karakteristik kualitas yang berpengaruh terhadap produk atau jasa. Data yang ada nantinya akan direpresentasikan secara visual sebagai validasi masalah yang mengukur peluang perbaikan (Nugroho et al., 2024).

Tools umum yang digunakan seperti diagram pareto, *control chart* dan perhitungan DPMO. Diagram Pareto digunakan dalam identifikasi jenis kegagalan yang paling dominan menggunakan prinsip perhitungan 80/20 sehingga perusahaan dapat memfokuskan upaya perbaikan pada sumber masalah utama. *Control chart* digunakan untuk melihat sebaran data dan stabilitas proses dari waktu ke waktu, serta mengidentifikasi adanya variasi yang tidak terkendali. Sementara itu, perhitungan DPMO dan level sigma diterapkan untuk melihat hasil angka sigma, biasanya pada sistem produksi dengan volume data besar dan proses yang relatif homogen untuk mengukur kapabilitas proses secara kuantitatif (Ahmad, 2019). Namun, dalam beberapa kasus dapat diterapkan metode lain sesuai dengan kebutuhan. Hal ini disebabkan karena tujuan utama pada tahap ini bukan semata-mata untuk menghitung tingkat sigma saja, tetapi juga memahami kondisi aktual dan mengidentifikasi area kritis mana yang memerlukan perbaikan. Oleh karena itu, pemilihan alat ukur juga bisa disesuaikan dengan jenis data, karakteristik proses, dan tujuan penelitian.



Gambar 2. 3 Kerangka Diagram Pareto



Gambar 2. 4 Kerangka *Control Chart*

Pada pengukuran kinerja untuk mendapatkan sigma level, diawali dengan menghitung nilai *Defect per Opportunity* (DPO), yaitu rasio jumlah cacat atau kegagalan terhadap total peluang terjadinya cacat. Selanjutnya, nilai DPO dikonversikan menjadi *Defect per Million Opportunities* (DPMO) untuk menggambarkan jumlah cacat atau kegagalan yang diperkirakan terjadi dalam satu juta peluang. Setelah nilai DPMO diperoleh, tingkat kapabilitas proses dapat ditentukan melalui perhitungan sigma level. Target kualitas Six Sigma berada pada tingkat enam sigma dengan nilai sebesar 3,4 DPMO, yang berarti hanya terdapat 3,4 kegagalan dalam satu juta peluang terjadinya cacat pada karakteristik kualitas kritis (*Critical to Quality*) (Umrin & Wahyuni, 2024).

$$DPO = \frac{\text{Total Unit Defective}}{\text{Total Unit} \times \text{CTQ Potensial}} \quad (1)$$

$$DPMO: DPO \times 1,000,000 \quad (2)$$

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1.000.000 - DPMO)}{1.000.000} \right) \quad (3)$$

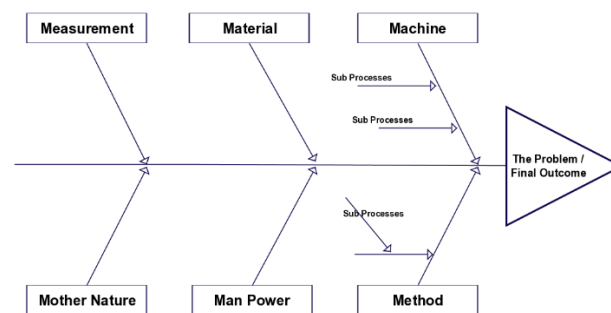
Tabel 2. 3 Sigma Level

Sigma Level	DPMO	Kategori
6	3,4	<i>World Class</i>
5	233	Rata-rata Industri
4	6.210	

Sigma Level	DPMO	Kategori
3	66.807	
2	308.538	Tidak Kompetitif
1	691.642	Sangat Tidak Kompetitif

3. *Analyze*

Berdasarkan hasil fase sebelumnya, disini akan dilakukan analisis akar masalah dan sebab akibat dari faktor yang menjadi dominan dari permasalahan yang ada. Fase ini bertujuan untuk menentukan permasalahan mana yang benar-benar harus diselesaikan atau dilakukan *improve* (Firmansyah & Yuliarty, 2020). Biasanya pada tahap ini dibantu dengan sebuah alat berupa *fishbone* diagram atau *Cause & Effect Chart*, atau bahkan bisa dikombinasikan dengan metode lain untuk memperkuat hasil analisisnya.



Gambar 2. 5 Kerangka *Cause & Effect Chart*

Cause & Effect Chart adalah salah satu diagram yang dapat membantu dalam mengatur ide atau hasil secara tersegmen. Berisikan semua kemungkinan argument yang menjadi sebab dari suatu masalah dan analisis situasinya. Dengan diagram ini, sumber masalah yang sudah didapatkan akan lebih mudah untuk dirumuskan strategi atau tindakan karena disusun melalui hasil *brainstorming* (Sembiring et al., 2022).

4. *Improve*

Fase ini merupakan fase perbaikan bagi permasalahan prioritas yang telah ditemui pada fase sebelumnya. Perencanaan ini dilakukan sebagai tindakan perbaikan untuk mencegah atau menghilangkan sebab-sebab terjadinya kegagalan yang ada (Firmansyah & Yuliarty, 2020). Pada implementasinya, fase ini biasanya menggunakan metode 5W+1H, tetapi bisa juga

digantikan dengan penggunaan metode lain dalam menentukan hasil *improve* yang lebih baik dan relevan dengan permasalahan.

5. *Control*

Fase ini merupakan bentuk perbaikan yang dilakukan secara terus menerus dan berkelanjutan (*continuous improvement*) berdasarkan hasil 5W+1H atau metode lain pada tahap sebelumnya. Fase ini juga sebagai langkah pengendalian kinerja proses dengan menjamin kegagalan yang sudah dilakukan *improve* tidak muncul kembali (Wulandari et al., 2024). Dalam hal tersebut, *control* sendiri mencakup pertanyaan apakah perbaikan yang dilakukan benar-benar membuahkan hasil atau tidak. Perusahaan juga harus tetap perlu mengkaji ulang secara berkala, melakukan pengembangan dan rutin melakukan evaluasi dari usulan perbaikan tersebut (Utami & Prastawa, 2025).

2.2.4 *Failure Mode Effect and Analysis (FMEA)*

Failure Metode and Effect Analysis merupakan suatu metode yang berfungsi sebagai alat identifikasi tentang bagaimana suatu produk, proses maupun sistem bisa mengalami suatu kegagalan atau tidak ketepatan hasil. Analisis ini dilakukan untuk mendeteksi potensi kegagalan, penyebab kegagalan serta dampak atau efek yang ditimbulkannya, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil sebelum kegagalan tersebut berdampak pada konsumen. Biasanya analisis ini dilakukan menggunakan data historis yang menunjukkan kemungkinan kegagalan yang akan terjadi dan efek yang dihasilkan dari kegagalan (Faiz Aji Prakoso & Ika Rinawati, 2019). Adapun beberapa tahapan yang harus dilakukan untuk pembuatan FMEA adalah sebagai berikut (Bennett et al., 2017):

1. Melakukan peninjauan proses.
2. Mengidentifikasi mode kegagalan potensial pada proses.
3. Menentukan tingkat *severity* untuk masing-masing kegagalan. Berikut merupakan tabel tingkat keparahan yang akan digunakan dan sudah disesuaikan dengan permasalahan pada penelitian ini.

Tabel 2. 4 *Rating Severity*

<i>Severity</i>	Nilai	Kriteria
Tidak berdampak	1	Tidak ada klaim (Rp 0)
Sangat kecil	2	Biaya garansi $\leq$ Rp 500.000

<i>Severity</i>	Nilai	Kriteria
Kecil	3	Biaya garansi Rp 500.001 – Rp 1.000.000
Rendah	4	Biaya garansi Rp 1.000.001 – Rp 2.000.000
Sedang	5	Biaya garansi Rp 2.000.001 – Rp 5.000.000
Menengah	6	Biaya garansi Rp 5.000.001 – Rp 8.000.000
Tinggi	7	Biaya garansi Rp 8.000.001 – Rp 10.000.000
Sangat tinggi	8	Biaya garansi Rp 10.000.001 – Rp 30.000.000
Kritis	9	Biaya garansi Rp 30.000.001 – Rp 50.000.000
Sangat kritis	10	Biaya garansi > Rp 50.000.000

4. Menentukan peringkat *occurance* kegagalan. Berikut merupakan tabel tingkat kejadian yang akan digunakan dan sudah disesuaikan dengan permasalahan pada penelitian ini.

Tabel 2. 5 *Rating Occurance*

<i>Occurance</i>	Nilai	Kriteria
Sangat jarang	1	Hampir tidak pernah (<1x/tahun)
Jarang	2	1x/tahun
Kadang	3	2–3x/tahun
Relatif sering	4	4–5x/tahun
Sedang	5	1x/bulan
Cukup sering	6	1–3x/bulan
Sering	7	4–5x/bulan
Sangat sering	8	1–3x/minggu
Hampir selalu	9	>3x/minggu
Pasti terjadi	10	Terjadi hampir setiap unit atau berulang terus

5. Menentukan *detection* untuk masing-masing mode kegagalan. Berikut merupakan tabel tingkat terdeteksi yang akan digunakan dan sudah disesuaikan dengan permasalahan pada penelitian ini. Namun pada kasus klaim garansi, kriteria *detection* divalidasi oleh catatan yang ada pada tiap dokumen garansi konsumen dan pernyataan karyawan yang setiap kali menangani perbaikan.

Tabel 2. 6 *Rating Detection*

<i>Detection</i>	Nilai	Kriteria
Hampir pasti terdeteksi	1	Terdeteksi otomatis oleh sistem (<i>sensor/self-diag</i>) sebelum unit berhenti beroperasi.
Sangat mudah	2	Terdeteksi oleh konsumen saat inspeksi harian rutin sebelum unit dioperasikan
Mudah	3	Terdeteksi segera saat unit dinyalakan
Cukup mudah	4	Terdeteksi pada jam operasional
Sedang	5	Terdeteksi saat jadwal <i>maintenance</i> rutin pertama
Cukup sulit	6	Terdeteksi setelah unit beroperasi penuh, namun hanya muncul pada kondisi cuaca atau beban tertentu
Sulit	7	Terdeteksi hanya saat terjadi kegagalan fungsi parsial, unit masih bisa jalan tapi tidak optimal.
Sangat sulit	8	Terdeteksi hanya setelah komponen rusak total (mati) dan mengakibatkan <i>downtime</i>
Hampir tidak terdeteksi	9	Tidak ada tanda awal, kegagalan bersifat mendadak
Tidak terdeteksi	10	Kegagalan tersembunyi yang merusak komponen lain (efek domino) dan hanya diketahui setelah pembongkaran total.

6. Menghitung nilai *risk priority number* (RPN). Berikut merupakan rumus yang akan digunakan.

$$RPN = Severity \times Occurance \times Detection \quad (3)$$

7. Membuat prioritas mode kegagalan berdasarkan RPN untuk dilakukan perbaikan.
8. Melakukan pembuatan tindakan untuk mengeliminasi kegagalan yang paling sering terjadi.

Berikut merupakan kategori dari kegagalan yang sudah dilakukan perhitungan melalui *risk priority number* (RPN):

Tabel 2. 7 Risk Priority Category

Risk Priority Category	
<i>Urgent Action</i>	RPN 200+
<i>Improvement Required</i>	RPN 100-199
<i>No Action (monitor only)</i>	RPN 1-99

2.2.5 Poka-Yoke

Poka-yoke merupakan sebuah *tools lean* yang dapat mencegah kesalahan (*mistake-proofing*) dikembangkan oleh Shigeo Shingo yang menjadi bagian dari *Toyota Production System*. Poka-yoke berasal dari Bahasa Jepang yang berarti anti salah. Metode ini digunakan dalam mencegah dan menghindari terjadinya suatu kesalahan sederhana yang disebabkan oleh manusia (*human error*) maupun pada proses dan cara pencegahannya langsung pada sumber (*root cause*) permasalahan. Tujuan dari poka-yoke untuk mencegah terjadinya cacat atau kerusakan dari sumbernya, memperbaiki kesalahan segera setelah ditemukan dan bahkan membantu untuk tidak mengalami kesalahan dan kerusakan sekalipun (*Zero defect*) (Shingo, 1986). Pada implementasi *lean manufacturing*, poka-yoke berperan penting dalam menurunkan tingkat *defect* dan variasi proses dengan mencegah kesalahan sejak sumbernya, sehingga tidak memiliki kemungkinan untuk membuat kesalahan.

Adapun beberapa pendekatan pada metode yaitu sebagai *preventif* (pendekatan untuk mencegah sebelum kesalahan tersebut terjadi) dan *detection* (pendekatan yang dilakukan ketika permasalahan tersebut telah terjadi). Ada tiga fungsi utama dalam upaya antisipasi terjadinya cacat pada kinerja proses yaitu sebagai berikut (Laily & Adriantantri, 2025):

1. *Warning*, merupakan sebuah mekanisme dalam membantu pemberian berbentuk seperti peringatan atau sinyal lain dalam memperingatkan kemungkinan kesalahan.
2. *Control*, merupakan sebuah media pemantauan sebagai pengendali proses secara efektif yang dapat menjamin tiap langkahnya dapat membuahkan hasil sesuai standar yang ditetapkan.
3. *Shutdown*, merupakan fungsi khusus dari poka-yoke. Fungsi ini merupakan tindakan dalam menghentikan atau mematikan proses jika terdeteksi atau terjadi penyimpangan tanpa terkecuali.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Objek pada penelitian ini adalah kualitas produk AC alat berat pada CV. New Utama Technic yang ditinjau berdasarkan tingkat klaim garansi yang terjadi selama periode 2025 pada *customer* PT. United Tractors Tbk. Berfokus pada kegagalan produk yang memicu klaim garansi dengan tujuan menurunkan jumlah klaim garansi. Dilakukan analisis kegagalan yang terjadi serta keterkaitannya dengan proses produksi melalui kerangka kerja DMAIC yang dikombinasikan dengan metode *failure mode and effect analysis* (FMEA) serta usulan berbasis *tools* poka-yoke.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan pada penelitian yaitu sebagai berikut:

a. Data Primer

Data primer didapatkan melalui wawancara dan observasi secara langsung terkait proses bisnis kepada pihak terkait di CV. New Utama Technic.

b. Data Sekunder

Data sekunder yaitu berupa data pendukung seperti dokumen dan arsip yang dibutuhkan untuk penelitian di CV. New Utama Technic.

Berikut adalah metode pengumpulan data dan jenis data yang digunakan pada penelitian ini:

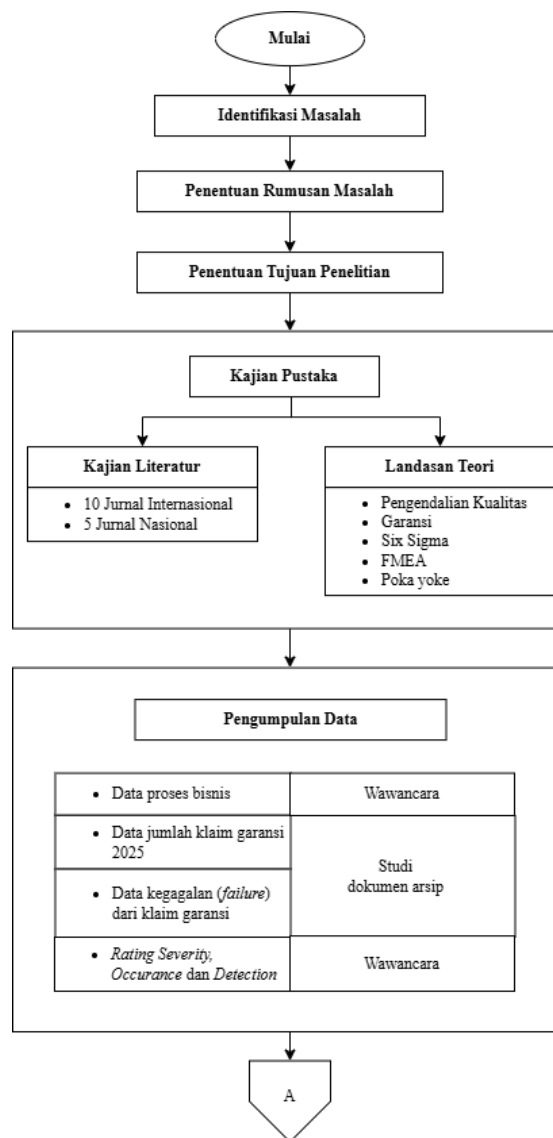
Tabel 3. 1 Jenis Pengumpulan Data

No	Data	Jenis Data	Cara Pengambilan Data	Penggunaan
1	Proses Bisnis	Primer	Wawancara	Tahap <i>Define</i>
2	Jumlah klaim garansi 2025	Sekunder	Studi dokumen arsip	Tahap <i>Measure</i> (FMEA)
3	Jenis kegagalan (<i>failure</i>) dari klaim garansi	Sekunder	Studi dokumen arsip	Tahap <i>Measure</i> (FMEA)

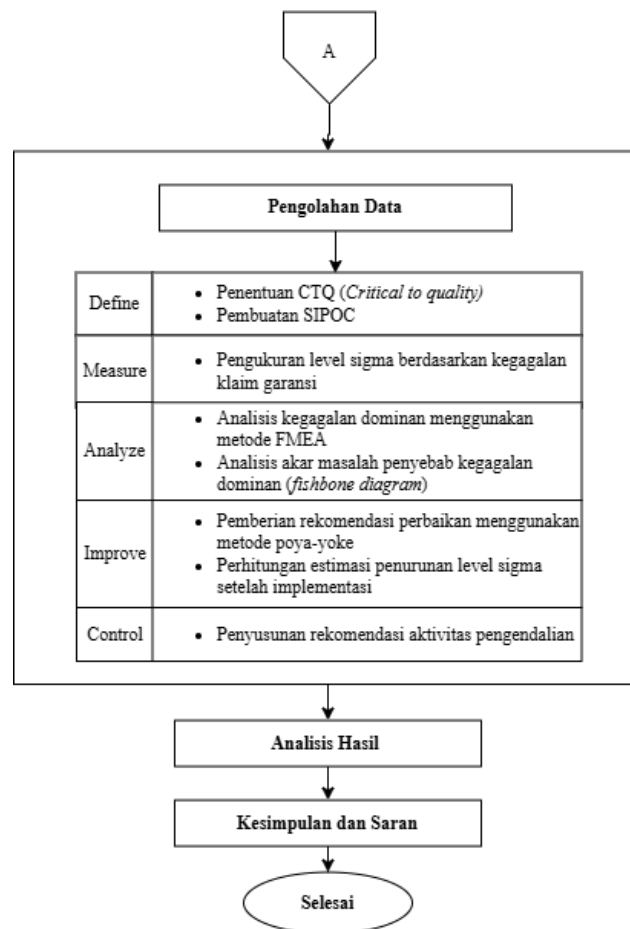
No	Data	Jenis Data	Cara Pengambilan Data	Penggunaan
4	<i>Rating Severity, Occurance dan Detection</i>	Primer	Wawancara	Tahap <i>Measure</i> (FMEA)

3.3 Alur Penelitian

Berikut merupakan alur penelitian yang akan dilakukan pada penelitian ini:



Gambar 3. 1 Alur Penelitian 1



Gambar 3. 2 Alur Penelitian 2

Adapun penjelasan mengenai diagram alur penelitian di atas adalah sebagai berikut:

1. Mulai

Peneliti melakukan persiapan kebutuhan yang diperlukan pada penelitian.

2. Identifikasi Masalah

Peneliti mengamati kondisi nyata di lapangan untuk menemukan aktivitas bisnis yang tidak efisien atau bermasalah.

3. Penentuan Rumusan

Peneliti merumuskan permasalahan yang melatarbelakangi penelitian.

4. Penentuan Tujuan Penelitian

Setelah permasalahan yang telah diidentifikasi sebelumnya terumuskan, kemudian dibuatlah tujuan dari penelitian ini guna menjawab dari pertanyaan pada rumusan masalah.

5. Kajian Pustaka

Peneliti melakukan kajian mengenai penelitian terdahulu untuk memperoleh dasar teori dan referensi dari penelitian terdahulu yang relevan. Kajian ini terdiri dari:

- a. Kajian Literatur: mengacu pada 15 paper bersumber 10 jurnal internasional dan 5 jurnal nasional yang relevan.
 - b. Landasan Teori: mencakup teori mengenai pengendalian kualitas, garansi, *Lean*, Six Sigma, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dan Poka-yoke.
6. Pengumpulan Data
- Peneliti melakukan pengumpulan menggunakan pendekatan:
- a. Data Primer: pengumpulan informasi proses bisnis dan hasil *rating* SOD (*severity*, *occurance* dan *detection*) berdasarkan wawancara.
 - b. Data Sekunder: pengumpulan sejumlah informasi jumlah klaim garansi 2025 dan kegagalan (*failure*) dari klaim garansi tersebut berdasarkan dokumentasi arsip.
7. Pengolahan Data
- Peneliti melakukan pengolahan dari data yang sudah dikumpulkan pada proses sebelumnya dengan beberapa tahapan:
- a. *Define*
 Pada tahap ini dilakukan identifikasi awal terhadap permasalahan kualitas melalui pengamatan langsung terhadap proses dengan melakukan:
 - 1) Penentuan CTQ (*Critical to Quality*), berdasarkan jenis kegagalan yang paling sering muncul dan paling mempengaruhi kualitas produk.
 - 2) Pembuatan SIPOC sesuai dengan kerangka berdasarkan proses yang ada secara nyata CV. New Utama Technic.
 - b. *Measure*
 Tahap ini dilakukan sebuah perhitungan sebagai dasaran pemahaman seberapa besar masalah yang terjadi.
 - 1) Perhitungan level sigma dilakukan berdasarkan data klaim garansi untuk melihat kapabilitas atau kinerja kualitas dari produk yang sudah diproduksi dan terjual.
 - c. *Analyze*
 Pada tahap ini dilakukan identifikasi dan analisis utama penyebab terjadinya kegagalan dominan.
 - 1) Dilakukan identifikasi terkait kegagalan yang paling dominan terhadap hasil kegagalan dari klaim garansi 2025. Identifikasi dilakukan menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan perhitungan RPN

didalamnya. Hasil dari tahap ini adalah penentuan kegagalan dominan yang menjadi prioritas untuk dianalisis lebih lanjut

- 2) *Risk agent* yang diprioritaskan lalu dilakukan analisis lebih dalam terkait akar penyebab masalah menggunakan *fishbone* diagram, ini dilakukan untuk membantu memetakan faktor-faktor penyebab kegagalan berdasarkan aspek manusia, mesin, metode, material, pengukuran dan lingkungan.

d. *Improve*

Tahap ini merumuskan usulan perbaikan berdasarkan akar penyebab kegagalan yang telah diidentifikasi pada tahap *Analyze*.

- 1) Merumuskan usulan menggunakan pendekatan poka-yoke.
- 2) Perhitungan estimasi penurunan level sigma berdasarkan usulan yang direkomendasikan.

e. *Control*

Melakuakn penyusunan rekomendasi aktivitas pengendalian dalam menjaga konsistensi hasil perbaikan yang telah diusulkan pada tahap *improve*.

8. Analisis Hasil

Tahap ini dilakukan analisis dari hasil pemetaan yang sudah dihasilkan pada tahap pengolahan data.

9. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan disusun berdasarkan keseluruhan hasil penelitian untuk menjawab rumusan masalah. Saran ditujukan untuk CV. New Utama Technic maupun peneliti lain agar dapat mengimplementasikan atau mengembangkan hasil penelitian.

10. Selesai

Seluruh rangkaian penelitian telah selesai dilakukan.

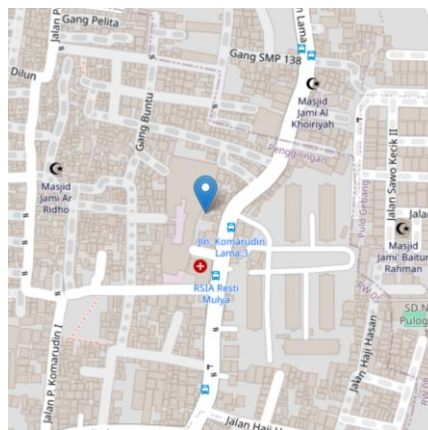
BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan

CV. New Utama Technic merupakan salah satu vendor penyedia jasa perawatan, perbaikan, dan instalasi AC untuk alat berat (otomotif) yang berdiri sejak tahun 2004. Perusahaan ini berfokus pada penanganan sistem AC untuk berbagai jenis alat berat seperti *excavator*, *bulldozer*, *loader*, *dump truck*, dan unit operasional lainnya yang membutuhkan sistem pendingin optimal untuk menunjang kenyamanan operator serta efisiensi kerja. Dimiliki oleh penerus kedua keluarga yang terdiri dari 1 orang dan 14 karyawan. Berlokasi di JL P. Komaruddin Lama, No. 26, Jakarta Timur, DKI Jakarta.

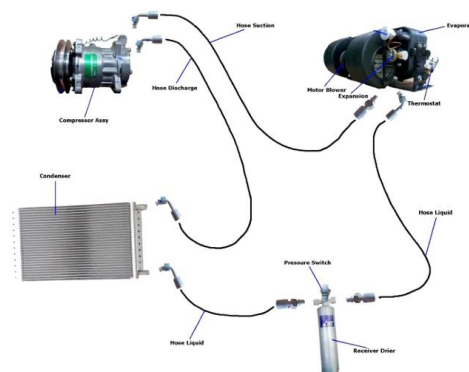


Gambar 4. 1 Lokasi CV. New Utama Technic

Sejak awal, CV ini sudah menjadi vendor tetap dari PT. United Tractors Tbk, sehingga seluruh kegiatan produksi dan distribusi unit AC alat berat yang dihasilkan sebagian besar untuk memenuhi kebutuhan PT. United Tractors Tbk sebagai mitra utama perusahaan. Dalam operasionalnya, perusahaan menangani berbagai sistem AC pada unit alat berat dengan menggunakan banyak komponen seperti *compressor*, *condenser*, *evaporator*, *expansion valve*, *receiver drier*, *thermostat*, *pressure switch*, *blower*, *Bracket* dan *refrigerant* R134a sebagai media pendingin. Bahan baku komponen biasanya dibeli dari vendor penyedia lainnya lalu dilakukan *customize* dan perakitan ulang sehingga menjadi rangkaian AC. Adapaun spesifikasi teknis AC utama yang digunakan ada pada gambar 4. 2 dan bentuk atau sistem AC berada pada gambar 4.3.

SPESIFIKASI AC	
➤ Compressor	Denso / Sanden
○ Pulley	V Belt
○ Voltase	24 Volt
○ Rpm	6000 rpm
➤ Blower	Denso A3
➤ Blower Speed	3 Speed
➤ Motor Blower	24 Volt
➤ Refrigerant	R134a

Gambar 4. 2 Spesifikasi AC



Gambar 4. 3 Sistem AC

Proses kerja dimulai dari *compressor* yang berfungsi menghisap *refrigerant* dalam bentuk gas bertekanan rendah dari *evaporator*, kemudian menekannya menjadi gas bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi. Kemudian *refrigerant* dialirkan menuju *condenser* melalui selang (*hose*) dan dilepaskan ke udara luar sehingga *refrigerant* berubah wujud dari gas menjadi cair. Setelah itu, *refrigerant* cair mengalir ke *receiver drier* yang berfungsi untuk menyaring kotoran dan menyerap kandungan air yang ada di dalam sistem agar sirkulasi tetap bersih dan optimal. Selanjutnya, *refrigerant* melewati *pressure switch* sebagai pengaman sistem untuk memastikan tekanan *refrigerant* tetap dalam kondisi normal. Di dalam *evaporator*, *refrigerant* menyerap panas udara dari dalam kabin sehingga udara menjadi dingin. Udara dingin tersebut kemudian dihisap oleh motor *blower* ke dalam kabin operator. Sementara itu, *thermostat* berfungsi untuk mengontrol suhu agar tetap stabil sesuai kebutuhan. Setelah proses

penyerapan panas selesai, *refrigerant* kembali ke *compressor* untuk mengulangi siklus yang sama secara terus-menerus selama AC beroperasi.

4.1.2 Proses Bisnis

Proses bisnis pada CV. New Utama Technic dalam kegiatan perakitan dan pemasangan AC alat berat dimulai dari pengadaan komponen hingga serah terima unit kepada *customer*. Pada tahap awal dimulai dari penerimaan komponen yang diperoleh dari pemasok eksternal, seperti komponen *compressor*, *evaporator*, *cooling unit/blower assy*, *expansion valve*, *thermostat*, *condenser*, *receiver drier*, *pressure switch*, *extrafan*, *hose*, *refrigerant* R134a, *switcher level*, *O-ring*, *bracket*, kabel serta komponen pendukung lainnya.

Selanjutnya, komponen yang telah tersedia akan masuk ke tahap produksi, dimana dilakukan pemasangan dan penyesuaian komponen AC pada unit alat berat. Proses ini melibatkan seluruh aktivitas seperti pembuatan *bracket* dari awal hingga proses penyesuaian atau perakitan ulang untuk komponen sisanya. Tiap komponen yang sudah selesai diproduksi atau disesuaikan, maka akan dilakukan pengecekan sederhana (*quality control*) untuk memastikan bahwa tiap komponen telah terpasang dengan baik sebelum dilakukan serah terima kepada pelanggan. Adapun proses produksi *bracket* dilakukan untuk *make-to-stock* (MTS), sedangkan komponen lainnya dilakukan penyesuaiannya ketika *order* datang atau *make-to-order* (MTO).

Dari sisi *customer*, proses bisnis dimulai dari pemesanan melalui pengiriman *purchase order* (PO), yang kemudian ditindaklanjuti oleh CV. New Utama Technic dengan proses pembuatan sesuai pesanan. Setelah proses pembuatan selesai, unit akan melalui tahap pemeriksaan kualitas (*quality control*) akhir sebelum dilakukan serah terima kepada pelanggan, yang juga disertai dengan pemberian garansi sebagai bentuk jaminan kualitas produk. Unit yang telah dinyatakan lolos pemeriksaan kemudian siap digunakan oleh pelanggan dalam kegiatan operasionalnya. Dengan serah terima tersebut, maka pembayaran baru dilakukan oleh *customer* ke CV. New Utama Technic.

4.1.3 Jumlah Klaim Garansi 2025

CV. New Utama Technic merupakan perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur dalam produksi, perakitan dan pemasangan AC pada alat berat. Pada proses operasionalnya, perusahaan selalu menerima klaim garansi khususnya dari PT. United Tractors Tbk atas produk dan kualitas yang sudah dihasilkan. Pada tahun 2025, tercatat

sejumlah klaim garansi yang diajukan oleh pelanggan akibat beberapa jenis kegagalan yang terjadi pada unit AC alat berat sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Jumlah Klaim Garansi 2025

No	Bulan	Jumlah Garansi
1	Januari	6
2	Februari	2
3	Maret	5
4	April	4
5	Mei	4
6	Juni	12
7	Juli	10
8	Agustus	2
9	September	7
10	Oktober	6
11	November	1
12	Desember	3
Total		62

4.1.4 Jenis Kegagalan (*failure*) Klaim Garansi

Klaim garansi yang terjadi pada CV. New Utama Technic tidak hanya menunjukkan jumlah kegagalan, tetapi juga jenis kerusakan yang dialami oleh unit AC alat berat. Berikut merupakan klasifikasi jenis kegagalan berdasarkan 62 data klaim garansi PT. United Tractors Tbk pada CV. New Utama Technic tahun 2025:

Tabel 4. 2 Jenis Kegagalan Klaim Garansi

No	Kegagalan	Jumlah
1	<i>Compressor Broken</i>	12
2	<i>Unfunctional Switch Level Selector</i>	9
3	<i>Loose O-ring Hose Condensore</i>	6
4	<i>Bracket Broken</i>	20
5	<i>Wiring Harness</i>	15
Total		62

Adapun untuk dokumentasi kegagalan dalam klaim garansi yaitu sebagai berikut:

1. *Compressor Broken*

Pada jenis klaim ini, *compressor* mengalami abnormal yang mengakibatkan sistem tidak dapat bekerja secara optimal. Akibatnya, *compressor* mengalami penurunan performa operasional alat, terganggunya proses kerja, bahkan berhentinya sistem secara keseluruhan.



Gambar 4. 4 Klaim *Compressor Broken*

2. *Unfunctional Switch Level Selector*

Pada jenis klaim ini, kerusakan terjadi pada komponen *switch* level AC yang berfungsi sebagai pengatur tingkat atau level kerja pada sistem pendingin. Komponen ini berfungsi sebagai pengontrol aliran kerja AC agar dapat bekerja sesuai kebutuhan. Kerusakan ini menyebabkan sistem pendingin tidak berfungsi dengan normal dengan pengaturan level yang tidak stabil atau respons sistem yang terganggu.

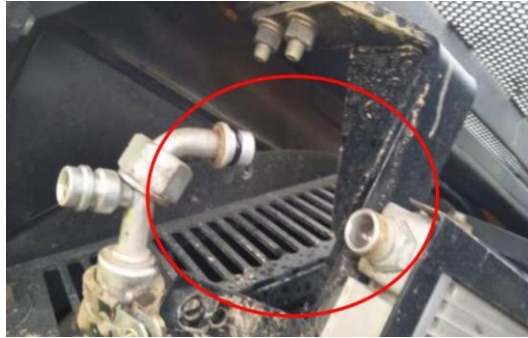


Gambar 4. 5 Klaim *Switch Selector*

3. *Loose O-ring Hose Condensore*

Pada jenis klaim ini, permasalahan terjadi pada komponen *O-ring hose condensore* yang berfungsi sebagai *seal* atau penyekat pada sambungan saluran kondensor.

Kerusakan disebabkan oleh posisi *O-ring* yang longgar atau miring, sehingga *seal* tidak bekerja secara maksimal sampai terlepas dari sambungan yang dapat menimbulkan kebocoran pada sistem. Kondisi ini dapat mengakibatkan berkurangnya tekanan dan menurunkan kinerja sistem pendingin secara keseluruhan.



Gambar 4. 6 Klaim *O ring Hose Condensore*

4. *Bracket Broken*

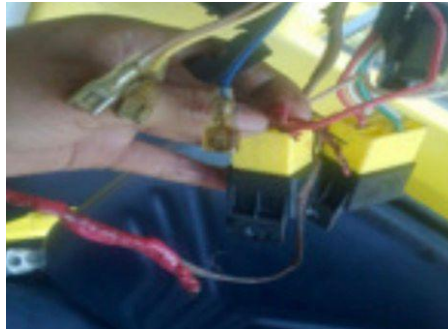
Pada jenis klaim ini, kerusakan terjadi pada komponen *bracket* yang berfungsi sebagai penyangga atauudukan komponen. *Bracket* mengalami kondisi patah dan berkarat sehingga kekuatan dan kestabilannya menurun. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan posisi komponen menjadi tidak stabil dan mengganggu kinerja sistem.



Gambar 4. 7 Klaim *Bracket Broken*

5. *Wiring Harness*

Pada jenis klaim ini, kerusakan pada *wiring harness* yang merupakan rangkaian kabel penghubung antar komponen kelistrikan dalam sistem. Kerusakan berupa kabel terputus dari sambungan yang telah disesuaikan oleh CV sehingga mengakibatkan aliran listrik terganggu dan sistem tidak dapat bekerja secara normal.



Gambar 4. 8 Klaim *Wiring Harness*

4.1.5 *Rating Severity, Occurance dan Detection*

Pengumpulan penilaian terhadap tingkat keparahan (*severity*), frekuensi kejadian (*occurrence*), dan kemampuan deteksi (*detection*) dilakukan sebagai proses analisis *failure mode and effects analysis* (FMEA) untuk mengidentifikasi dan memprioritaskan risiko kegagalan pada komponen AC alat berat. Penentuan *rating* dilakukan berdasarkan *expert judgment* yaitu penilaian dari para ahli yang memiliki pengetahuan teknis, pengalaman kerja langsung dan memahami proses, produk, dan kegagalan yang terjadi secara langsung (Liu & Tang, 2022). Penilaian menggunakan pengalaman lapangan dan data kegagalan sebagai dasar dalam menentukan tingkat risiko. Pada CV. New Utama Technic, *expert* yang dimaksud yaitu karyawan yang bertugas khusus untuk menangani dan mengelola langsung garansi. Adapun hasil *rating* ini akan berada pada pengolahan data 4. 2. 2, tabel 4.6.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 *Define*

Tahap *define* merupakan identifikasi awal terhadap permasalahan utama pada proses yang sedang berjalan, serta penentuan fokus perbaikan yang ingin dicapai terkait kualitas produk.

4.2.1.1 *Critical to Quality (CTQ)*

Penentuan *Critical to Quality* (CTQ) dilakukan berdasarkan data klaim garansi yang mencakup 5 komponen pada Tabel 4. 2, yaitu sebagai berikut:

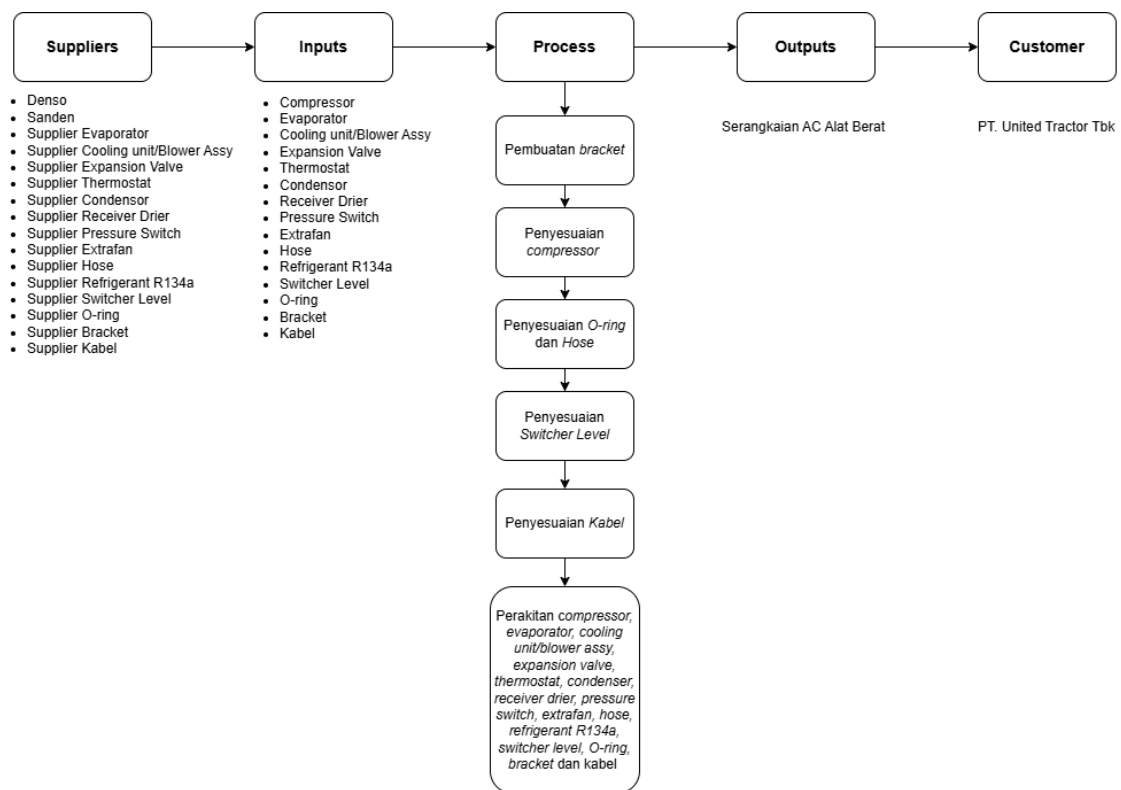
Tabel 4. 3 *Critical to Quality (CTQ)*

No	Kegagalan Komponen
1	<i>Compressor Broken</i>

No	Kegagalan Komponen
2	<i>Unfunctional Switch Level Selector</i>
3	<i>Loose O-ring Hose Condensore</i>
4	<i>Bracket Broken</i>
5	<i>Wiring Harness</i>

4.2.1.2 Diagram SIPOC

Diagram SIPOC untuk memetakan proses bisnis secara keseluruhan, mulai dari *supplier* hingga *customer*, sehingga dapat diketahui alur proses yang berjalan serta mengidentifikasi titik-titik yang berpotensi menyebabkan terjadinya kegagalan.



Gambar 4. 9 Diagram SIPOC

4.2.2 Measure

Tahap ini dilakukan sebuah perhitungan sebagai dasar pemahaman seberapa besar masalah yang terjadi dan membantu dalam identifikasi kegagalan dominan.

4.2.2.1 Perhitungan Sigma Level

Perhitungan level sigma dilakukan berdasarkan data klaim garansi untuk melihat kapabilitas atau kinerja kualitas dari produk yang sudah diproduksi dan terjual. Diketahui sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Data Perhitungan Sigma Level

Total unit terjual dalam masa garansi 2025	191 Unit
Total klaim garansi 2025	62 Klaim
<i>Oppurtunity</i> (berdasarkan CTQ)	5

Lalu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

a. Perhitungan DPO

$$DPO = \frac{\text{Total Klaim Garansi}}{\text{Total Unit Terjual} \times \text{CTQ Potensial}}$$

$$DPO = \frac{62}{191 \times 5}$$

$$DPO = 0,06492$$

b. Perhitungan PDMO

$$DPMO: DPO \times 1,000,000$$

$$DPMO: 0,06492 \times 1,000,000$$

$$DPMO: 64.921$$

c. Perhitungan Sigma Level

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1.000.000 - DPMO)}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1.000.000 - 64.921)}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV}(0,935079) + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = 1,51 + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = 3,01$$

Berhitungan hasil perhitungan sigma level berdasarkan klaim garansi, hasil produksi berdasarkan penjualan dengan periode garansi 2025 mempunyai nilai sigma proses

sebesar 3,01 dengan potensi kecacatan 64.921 per satu juta unit produksi. Jika dilihat dari nilai sigmanya masih berada pada level rata-rata industri yang umumnya berada pada kisaran 3 sigma. Artinya, dalam setiap satu juta kesempatan, masih terdapat kemungkinan sebanyak 64.921 kegagalan terjadi, yang mengindikasikan masih besarnya peluang perbaikan proses secara signifikan. Dengan kondisi sigma awal 3,01 dan tingkat klaim yang telah melampaui batas CV, hasil pengukuran ini sebagai dasar dilakukannya analisis lebih lanjut pada tahap *analyze*.

4.2.3 *Analyze*

Berdasarkan hasil perhitungan sigma level sebelumnya, menunjukkan masih terdapat beberapa permasalahan utama penyebab kegagalan. Permasalahan selanjutnya akan dianalisis lebih mendalam untuk mengetahui faktor-faktor penyebab terjadinya kegagalan tersebut. Metode yang digunakan untuk mengidentifikasi penyebab kegagalan tersebut adalah *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan *fishbone* diagram.

4.2.3.1 *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

Dilakukan identifikasi terhadap kegagalan yang paling dominan berdasarkan data klaim garansi menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas risiko dari setiap jenis kegagalan.

Tabel 4. 5 Identifikasi Kegagalan Dominan Klaim Garansi

Komponen	Kode	<i>Failure Mode</i> (<i>Risk Event</i>)	Kode	<i>Cause</i> (<i>Risk Agent</i>)	<i>Effect</i>	
					Kualitatif	Kuantitatif (Estimasi kerugian perbaikan)
<i>Compressor</i>	E1	<i>Compressor</i> tidak berfungsi (mati)	A1	<i>Receiver drier/filter</i> tersumbat (<i>overpressure</i>)	Pendinginan tidak terjadi dan penurunan kenyamanan operator	Rp 2.000.001 – Rp 5.000.000
			A2	Kebocoran <i>refrigerant</i> pada sistem		

Komponen	Kode	<i>Failure Mode (Risk Event)</i>	Kode	<i>Cause (Risk Agent)</i>	<i>Effect</i>	
					Kualitatif	Kuantitatif (Estimasi kerugian perbaikan)
	E2	<i>Compressor</i> mengeluarkan suara bising (<i>noise</i>)	A3	Pelumasan tidak optimal	Indikasi penurunan kinerja <i>compressor</i> , indikasi kerusakan lanjutan lanjutan pada <i>compressor</i> dan penurunan kenyamanan operator	Rp 1.000.001 – Rp 2.000.000
	E3	<i>Switcher</i> tidak dapat digeser	A4	Komponen mengalami cacat fisik	AC tidak dapat dikontrol dan penurunan kenyamanan operator	Rp 1.000.001 – Rp 2.000.000
<i>Switch Selector</i>	E4	<i>Switcher</i> dapat digeser, namun <i>level</i> ac tidak meningkat	A5	<i>Wiring</i> tidak tersambung dengan benar/kerusakan	Performa AC tidak optimal dan penurunan	

Komponen	Kode	<i>Failure Mode</i> (<i>Risk Event</i>)	Kode	<i>Cause (Risk Agent)</i>	<i>Effect</i>	
					Kualitatif	Kuantitatif (Estimasi kerugian perbaikan)
					kenyamanan operator	
			A6	O-ring longgar	Terjadi kebocoran <i>refrigerant</i> , tekanan sistem AC menurun sehingga efektivitas pendinginan berkurang	Rp 2.000.001 – Rp 5.000.000
<i>Condensor</i>	E5	<i>Hose</i> terbuka	A7	Deformasi O- ring		
					Posisi komponen menjadi tidak stabil dan terjadi peningkatan getaran pada unit	Rp 2.000.001 – Rp 5.000.000
<i>Bracket</i>	E6	<i>Bracket</i> patah	A8	Korosi (berkarat)		

Komponen	Kode	Failure Mode (Risk Event)	Kode	Cause (Risk Agent)	Effect	
					Kualitatif	Kuantitatif (Estimasi kerugian perbaikan)
Wiring	E8	Arus pendek listrik	A9	Kontaminasi air/benda basah pada sambungan kabel yang tidak tertutup dengan baik	Aliran listrik ke komponen	
					AC terhenti (AC tidak dapat dioperasikan) dan gangguan operasional unit dilapangan	Rp 2.000.001 – Rp 5.000.000

Setelah diidentifikasi *failure mode (risk event)*, *cause (risk agent)* dan *effect*, dilakukan pemberian rating *rating* dari *severity*, *occurrence* dan *detection* pada masing-masing *risk agent* oleh *expert* yaitu karyawan yang bertugas khusus untuk menangani dan mengelola langsung garansi, sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Perhitungan *Risk Priority Number (RPN)*

Kode	Cause (Risk Agent)	Severity (S)	Occurance (O)	Detection (D)	Risk Priority Number (RPN)
<i>Receiver drier/filter</i>					
A1	tersumbat (overpressure)	5	4	7	140
A2	Kebocoran <i>refrigerant</i> pada sistem	5	3	7	105

Kode	<i>Cause (Risk Agent)</i>	<i>Severity (S)</i>	<i>Occurance (O)</i>	<i>Detection (D)</i>	<i>Risk Priority Number (RPN)</i>
A3	Pelumasan tidak optimal	4	5	4	80
A4	Komponen mengalami cacat fisik	4	5	2	40
A5	<i>Wiring</i> tidak tersambung dengan benar/kerusakan	4	2	4	32
A6	O-ring longgar	5	2	4	40
A7	Deformasi O-ring	5	4	4	80
A8	Korosi (berkarat)	5	6	4	120
A9	Kontaminasi air/benda basah pada sambungan kabel yang tidak tertutup dengan baik	5	4	6	120

Berdasarkan hasil perhitungan *risk priority number* (RPN) pada tabel 4. 6, diperoleh beberapa *risk agent* dengan nilai >100 yang mengindikasikan tingkat risiko yang tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan. Namun demikian, dalam penelitian ini, penentuan prioritas tidak hanya didasarkan pada nilai RPN semata, melainkan juga mempertimbangkan kondisi aktual dilapangan agar hasil analisis lebih aplikatif dan sesuai dengan kebutuhan perusahaan. Berdasarkan hasil wawancara, pengambilan keputusan didasarkan juga pada:

1. Estimasi kerugian tertinggi.

2. Konsistensi kejadian kegagalan, dimana kegagalan yang terjadi secara berulang menunjukkan kelemahan sistematis dan memiliki dampak signifikan terhadap kualitas.
3. Fokus pada faktor internal perusahaan, sehingga usulan perbaikan yang dihasilkan bersifat implementatif dan dapat segera diterapkan.

Berdasarkan pertimbangan diatas oleh pihak perusahaan, dipilih dua *risk agent* sebagai prioritas utama, yaitu A8 (Korosi (berkarat)) dengan RPN = 120 pada *risk event Bracket* patah dan A9 (Kontaminasi air/benda basah pada sambungan kabel yang tidak tertutup dengan baik) dengan RPN = 120 pada *risk event Arus* pendek listrik. Kedua permasalahan ini tidak hanya memiliki nilai RPN yang tinggi, tetapi juga menunjukkan estimasi kerugian tertinggi dan pola kejadian yang berulang dalam operasional berdasarkan jumlah data kegagalan klaim garansi. Selain itu, kedua *risk event* tersebut dapat segera dilakukan perbaikan karena dalam kendali faktor internal.

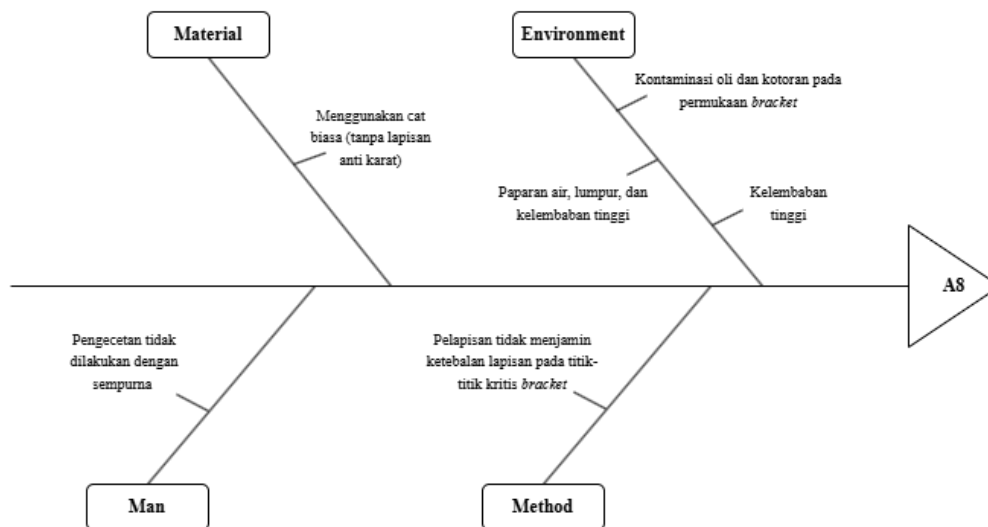
Sementara itu, *risk agent* lain seperti A1 (*receiver drier/filter* tersumbat) dengan RPN = 140 dan kebocoran *refrigerant* (A2) dengan RPN = 105 tidak diprioritaskan dalam penelitian ini. Meskipun kedua permasalahan tersebut memiliki RPN > 100, kegagalan berada pada urutan ketiga terbanyak setelah A8 dan A9 serta memiliki kesamaan estimasi kerugian, analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kegagalan tersebut lebih dominan dipengaruhi oleh faktor eksternal. Pada A1, ditunjukkan karena adanya ketidaksesuaian praktik *maintenance* rutin yang dianjurkan oleh CV. Sedangkan, pada A2 merupakan kejadian insidental yang pertama kali terjadi pada tahun 2025. Dua kegagalan tersebut tidak sepenuhnya mencerminkan kualitas proses perakitan atau instalasi yang dilakukan oleh perusahaan. Oleh karena itu, meskipun estimasi kerugian dan frekuensi klaim relatif tinggi, permasalahan tersebut dikategorikan sebagai kegagalan yang berada di luar kendali langsung perusahaan.

Dengan demikian, pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini tidak hanya berbasis pada nilai risiko (RPN), tetapi juga mempertimbangkan kebutuhan perusahaan sehingga hasil analisis lebih terarah dan relevan terhadap perbaikan proses yang akan diterapkan.

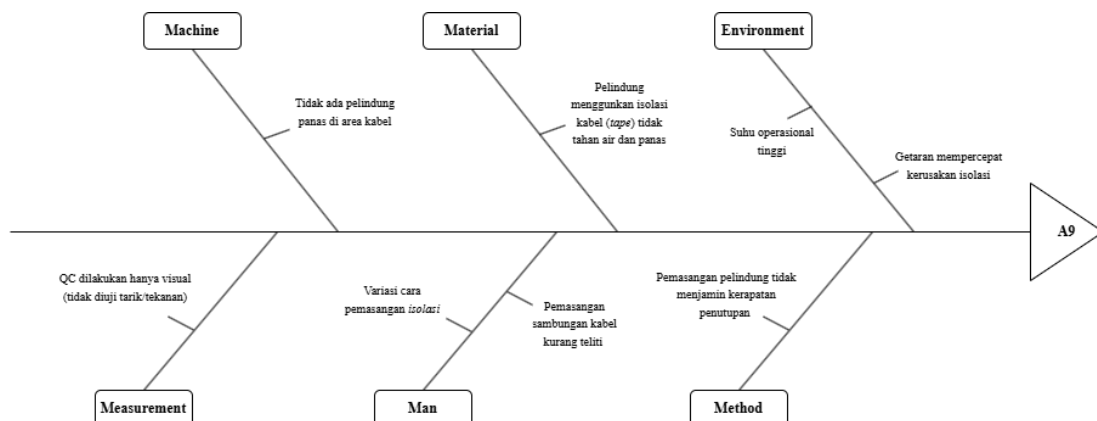
4.2.3.2 *Fishbone* Diagram

Pada hasil perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada tahap sebelumnya, diperoleh 2 *risk agent* yang menjadi prioritas utama untuk ditindaklanjuti. Kedua *Risk agent* tersebut

selanjutnya dianalisis lebih lanjut menggunakan *fishbone* diagram untuk mengidentifikasi akar permasalahan dari setiap risiko yang teridentifikasi.



Gambar 4. 10 *Fishbone* A8



Gambar 4. 11 *Fishbone* A9

Berdasarkan hasil analisis *fishbone* A8, diketahui bahwa penyebab utama terjadinya korosi pada *bracket* berasal dari *material* dan *methode* yaitu penggunaan cat biasa (tanpa anti karat) dan pelapisannya tidak menjamin ketebalan khususnya pada titik-titik kritis *bracket* yang bisa mengalami patah. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan yang berfokus pada peningkatan perlindungan dan ketahanan terhadap permukaan material serta standar pengecatan sehingga *bracket* nantinya memiliki perlindungan yang maksimal.

Sementara itu, hasil analisis *fishbone* A9, diketahui bahwa penyebab utama kegagalan berasal dari *material* dan *methode* yaitu penggunaan pelindung sambungan kabel menggunakan isolasi biasa sehingga memiliki ketahanan dan penjaminan kerapatan pelindung yang kurang. Oleh karena itu, diperlukan perbaikan yang berfokus pada peningkatan perlindungan sambungan kabel beserta standar yang jelas terkait pemasangan pelindung tersebut. Hasil analisis ini menjadi dasar dalam penyusunan usulan perbaikan pada tahap *improve*.

4.2.4 *Improve*

Tahap merumuskan usulan perbaikan berdasarkan akar penyebab kegagalan yang telah diidentifikasi pada tahap *Analyze*. Usulan perbaikan berdasarkan akar penyebab kegagalan dengan menggunakan pendekatan poka-yoke, yaitu metode pencegahan kesalahan untuk meminimalkan terjadinya kegagalan dalam proses. Dilanjutkan dengan melakukan perhitungan estimasi penurunan level sigma berdasarkan usulan yang direkomendasikan.

4.2.4.1 *Improve A8*

Korosi pada *bracket* terjadi akibat tidak adanya perlindungan awal material yang memadai terhadap kondisi lingkungan operasional. Berdasarkan hasil analisis *fishbone* pada tahap sebelumnya, penyebab utama berasal dari penggunaan cat biasa (tanpa anti karat) sehingga tidak ada proses pelapisan anti karat juga disertai belum adanya acuan pelapisan yang jelas. Perbaikan awal yang diusulkan adalah dengan mengganti menjadi cat anti karat pada permukaan *bracket* yang berfungsi sebagai pelindung dan menghambat kontak langsung antara material dengan udara dan kelembaban. Perbaikan ini juga berperan sebagai pengendali proses dengan cara memastikan setiap *bracket* telah memiliki perlindungan yang memadai, sehingga risiko kerusakan akibat korosi dapat dieliminasi sejak sumber permasalahannya. Didukung oleh hasil penelitian Skotnicki dan Jędrzejczyk (2024), mengenai analisis mendalam sistem anti korosi pada komponen *bracket* kendaraan. Melalui pengujiannya dibuktikan bahwa komponen struktural seperti *bracket* memerlukan lapisan pelindung berbasis *zinc*/anti-karat yang rapat untuk menahan korosi dari faktor lingkungan eksternal.

Pada kegagalan *bracket* tersebut didapatkan titik kritis area patah dari terjadinya korosi, adapun bentuk perbaikan menggunakan poka-yoke saat melakukan pengecatan yaitu:

1. Pemberian penanda pada titik kritis area patah, dilengkapi dengan panduan visual yang ditempel pada dinding atau meja kerja sebagai acuan bagi operator.
2. Penggunaan warna kontras, yaitu merah sebagai penanda titik kritis dan hitam sebagai cat anti karat, sebagai deteksi selama proses pengecatan pada area rawan patah.

Seluruh permukaan *bracket* wajib diberikan lapisan cat anti karat untuk meminimalkan terjadinya korosi selama masa operasi. Area yang ditandai dengan warna merah merupakan titik kritis yang memiliki risiko tinggi mengalami kegagalan patah akibat korosi berdasarkan data klaim garansi. Oleh karena itu, penandaan dengan warna kontras yaitu merah diterapkan untuk memastikan area tersebut mendapatkan perhatian khusus selama proses pengecatan. Dimana ketika warna merah masih terlihat atau belum sepenuhnya tertutupi, dapat langsung memberikan deteksi tanpa harus menunggu *QC* bahwa pelapisan pada area kritis belum sempurna. Dengan fokus tersebut, secara tidak langsung menekan karyawan agar pengecatan dilakukan dengan menyeluruh sehingga kemungkinan terjadinya kelalaian dapat diminimalkan. Tentu saja proses ini juga membantu mempercepat pengecekan *QC* karena bisa dilihat berbarengan pada proses pengecatan tersebut. Usulan sederhana ini sudah sangat bisa diterapkan langsung pada skala CV karena mengacu pada proses produksi skala mikro (1-20 *bracket* dalam sebulan) untuk keperluan stok. Secara meluruh, solusi ini bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan material sebelum digunakan dan pengendali proses secara efektif.

4.2.4.2 Improve A9

Berdasarkan hasil analisis *fishbone*, kegagalan pada *wiring harness* dipicu oleh penggunaan pelindung sambungan kabel menggunakan isolasi biasa sehingga memiliki ketahanan yang kurang dalam melindungi kabel, serta pelapisan tidak disertai dengan acuan yang jelas. Perbaikan awal yang diusulkan adalah mengganti isolasi biasa dengan *heat shrink waterproof* untuk setiap sambungan kabel yang baru. *Heat shrink* akan menyusut ketika dipanaskan dan menutup sambungan kabel secara rapat, sehingga mampu melindungi kabel dari paparan lingkungan khususnya air yang mencegah terbukanya isolasi kabel dan terjadi arus pendek listrik. Temuan ini sejalan dengan penelitian Balaji Paramesh S (2013), bahwa proses *heat shrinking* pada sambungan kabel merupakan titik kendali kualitas kritis, dan penggunaan *heat shrink tubing/sleeve* tersebut efektif dalam mencegah kerusakan serta menjaga keandalan sambungan kabel.

Pada kegagalan dan kabel yang digunakan oleh CV terdapat 2 ukuran berbeda yang juga berpotensi menimbulkan kesalahan pemasangan apabila tidak dikendalikan dengan baik, adapun bentuk perbaikan menggunakan poka-yoke yaitu:

1. Penambahan panduan visual berupa petunjuk ukuran, warna, cara kerja dan acuan hasil penggunaan *heat shrink* yang ditempel secara permanen pada dinding atau meja kerja sebagai acuan operator selama proses pemasangan.
2. Pemisahan wadah penyimpanan *heat shrink* berdasarkan ukuran dan warna secara fisik, disertai pemberian label nama pada masing-masing wadah.

Sesuai dengan konsep poka-yoke, usulan ini termasuk dalam pendekatan *preventif* berdasarkan pemisahan fisik wadah penyimpanan secara langsung, ini mencegah terjadinya kesalahan pengambilan komponen sejak awal proses yang didukung dengan informasi visual mengenai ukuran, warna serta pada acuan hasil akhir. Usulan sederhana tersebut sudah sangat bisa diterapkan langsung pada skala CV, mengingat proses pemasangan hanya dilakukan berdasarkan pesanan (*make to order*) dan bukan secara massal, sehingga bisa menjadi sebuah pencegahan sejak awal dan pengendali proses secara efektif.

4.2.4.3 Perhitungan Estimasi Sigma Level Setelah Implementasi

Berdasarkan hasil diskusi dan wawancara dengan *owner* dan beberapa karyawan, usulan perbaikan yang diberikan diperkirakan mampu menurunkan kejadian klaim pada kegagalan *Bracket Broken* dan *Wiring Harness* sebesar 70% dari kegagalan tahun 2025. Estimasi tersebut didasarkan pada penilaian teknis perusahaan bahwa kedua usulan poka-yoke diatas diperkirakan dapat mengendalikan akar penyebab dominan yang teridentifikasi pada proses sebelumnya. Oleh karena itu, dilakukan simulasi perhitungan dengan asumsi penurunan kegagalan atau klaim sebesar 70% untuk mengetahui potensi peningkatan kinerja kualitas setelah implementasi perbaikan.

Tabel 4. 7 Data Perhitungan Estimasi Sigma Level Setelah Implementasi Usulan

Total unit terjual dalam masa garansi 2025	191 Unit
Total klaim garansi <i>bracket</i> (-70%)	14 Klaim
Total klaim garansi <i>wiring</i> (-70%)	11 Klaim
<i>Oppurtunity</i> (berdasarkan CTQ)	5

Lalu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

a. Perhitungan DPO

$$DPO = \frac{\text{Total Klaim Garansi Baru}}{\text{Total Unit Terjual} \times \text{CTQ Potensial}}$$

$$DPO = \frac{62 - (14 + 11)}{191 \times 5}$$

$$DPO = \frac{37}{191 \times 5}$$

$$DPO = 0,03874$$

b. Perhitungan DPMO

$$DPMO: DPO \times 1,000,000$$

$$DPMO: 0,03874 \times 1,000,000$$

$$DPMO: 38.743$$

c. Perhitungan Sigma Level

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1.000.000 - DPMO)}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV} \left(\frac{(1.000.000 - 38.743)}{1.000.000} \right) + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = \text{NORMSINV}(0,91625) + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = 1,76 + 1,5$$

$$\text{Sigma Level} = 3,26$$

Berhitungan hasil simulasi implementasi usulan perbaikan pada kedua kegagalan A8 dan A9, diperkirakan terjadi penurunan klaim sebesar 25 kasus sehingga jumlah klaim berkurang dari 62 kasus menjadi 37 kasus. Dengan jumlah klaim tersebut, nilai DPMO diproyeksikan menurun menjadi 38.743 dan level sigma meningkat dari 3,01 menjadi 3,26 sigma. Selain itu, persentase klaim garansi menurun dari 32% menjadi 19% pada

perbaikan yang difokuskan pada kedua *risk agent* tersebut. Hasil estimasi yang menunjukkan penurunan persentase klaim garansi tersebut merupakan capaian siklus pertama yang signifikan, dan menjadi fondasi bagi siklus perbaikan berikutnya untuk mencapai target yang ditetapkan melalui *risk agent* lain, sehingga seluruh sumber penyebab kegagalan produk dapat dikendalikan secara lebih komprehensif. Perlu ditekankan kembali bahwa hasil tersebut merupakan hasil simulasi dan proyeksi berdasarkan estimasi efektivitas perbaikan yang diberikan oleh pihak perusahaan. Dengan demikian, hasil estimasi ini tetap menunjukkan kontribusi nyata terhadap pengendalian kualitas CV.

4.2.5 *Control*

Tahap ini dilakukan pemberian rekomendasi upaya pengendalian terhadap proses yang telah diperbaiki dan diberikan *improve* dari tahap sebelumnya. Proses ini dilakukan supaya tetap berada dalam standar yang telah ditetapkan serta mampu mencegah terjadinya kembali kegagalan yang sama.

Untuk mempermudah pengawasan di tingkat operasional CV tanpa menambah birokrasi yang rumit, maka dapat dilakukan pembaruan lembar *checklist QC* untuk masing-masing komponen. Dimana dokumen kontrol ini berfungsi sebagai *Go/No-Go Gate* di akhir lini perakitan. Seperti yang sudah diterapkan oleh CV sebelumnya, jika poin perbaikan tidak terpenuhi, unit dianggap *Not Good* (NG) dan tidak diizinkan untuk diserahkan kepada konsumen. Melalui pembaruan ini, perusahaan dapat memastikan bahwa risiko pada permasalahan *wiring* dan *bracket* dapat ditekan hingga ke titik minimum sebelum komponen siap dijual. Selain itu, pemantauan juga diperlukan melalui indikator seperti penurunan klaim garansi dan kesesuaian proses dengan standar yang telah ditetapkan.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Define*

Tahap ini merupakan tahap awal dalam metode six sigma. Tahap *define* dilakukan identifikasi awal terhadap permasalahan utama pada proses yang sedang berjalan, serta penentuan fokus perbaikan yang ingin dicapai terkait kualitas produk dengan melakukan penentuan *critical to quality* (CTQ) dan proses bisnis yang berjalan melalui diagram SIPOC.

5.1.1 Analisis *Critical to Quality* (CTQ)

Berdasarkan hasil identifikasi data klaim garansi 2025 pada AC alat berat, diperoleh 5 komponen utama yang masuk dalam kategori *critical to quality* (CTQ) yaitu *compressor broken*, *unfunctional switch level selector*, *loose O-ring hose condenser*, *bracket broken*, dan *wiring harness*. Kelima komponen tersebut menjadi fokus utama karena berada pada data klaim garansi 2025 dan berpengaruh langsung terhadap performa sistem AC alat berat.

Kerusakan pada *compressor* menunjukkan bahwa komponen ini memiliki peran vital dalam proses sirkulasi *refrigeran*. Ketika *compressor* mengalami kerusakan, sistem pendinginan tidak dapat bekerja secara optimal sehingga suhu kabin tidak tercapai sesuai kebutuhan operasional. Permasalahan pada *switch level selector* menunjukkan adanya gangguan pada sistem pengaturan kecepatan *blower* atau kontrol distribusi udara. Kondisi ini dapat menyebabkan operator kesulitan dalam mengatur aliran udara sesuai kebutuhan, sehingga mengurangi kenyamanan selama pengoperasian alat berat. Kegagalan pada *O-ring* dan *hose condenser* umumnya terjadi akibat pemasangan yang kurang presisi atau kondisi komponen yang mengalami keausan. Hal ini dapat menyebabkan kebocoran *refrigeran* yang berdampak pada menurunnya tekanan sistem dan berkurangnya efektivitas pendinginan. Kerusakan pada *bracket* mengindikasikan adanya masalah pada sistem penyangga komponen AC. *Bracket* yang patah dapat mengganggu posisi komponen utama sehingga meningkatkan risiko getaran berlebih dan kerusakan lanjutan pada komponen lainnya. Sementara itu, *wiring harness* menjadi salah satu CTQ karena berhubungan langsung dengan sistem kelistrikan AC. Kerusakan pada kabel atau

konektor dapat menghambat distribusi arus listrik ke komponen utama sehingga menyebabkan sistem AC tidak berfungsi secara normal.

Dari hasil analisis CTQ dapat diketahui bahwa kualitas sistem AC alat berat sangat dipengaruhi oleh keandalan komponen mekanis, sistem kontrol, sistem perpipaan, struktur penyangga, dan sistem kelistrikan. Oleh karena itu, perbaikan pada lima komponen utama tersebut menjadi prioritas untuk meningkatkan kualitas produk dan menurunkan tingkat klaim garansi.

5.1.2 Analisis Diagram SIPOC

CV. New Utama Technic sebagai vendor penyedia jasa perawatan, perbaikan, dan instalasi AC untuk alat berat tentu saja memiliki proses bisnisnya sendiri. Proses bisnis tersebut dianalisis menggunakan diagram SIPOC yang mencakup elemen utama yaitu *supplier*, *input*, *process*, *output*, dan *customer*. Diagram ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai alur proses produksi serta hubungan antar elemen dalam sistem.

Pada tahap *supplier*, pemasok memiliki peranan penting dalam menyediakan seluruh komponen utama yang dibutuhkan dalam proses perakitan sistem AC alat berat. *Supplier* yang terlibat yaitu sanden dan kondensor untuk *compressor* serta seluruh *supplier* penyedia komponen inti lainnya seperti *evaporator*, *cooling unit/blower assembly*, *expansion valve*, *thermostat*, *condensor*, *receiver drier*, *pressure switch*, dan *extrafan*. Ini juga termasuk juga dengan komponen pendukung seperti *hose*, *O-ring*, *bracket*, *switch level* dan kabel. Ketersediaan dan kualitas komponen dari *supplier* menjadi dasar utama dalam menjaga kelancaran proses produksi.

Pada tahap *input* merupakan penjelasan terkait komponen apa saja yang digunakan untuk dalam proses perakitan sistem AC alat berat. Komponen-komponen tersebut meliputi *compressor*, *evaporator*, *cooling unit/blower assembly*, *expansion valve*, *thermostat*, *condenser*, *receiver drier*, *pressure switch*, *extrafan*, *hose*, *refrigerant R134a*, *switcher level*, *O-ring*, *bracket*, dan kabel. Seluruh *input* tersebut memiliki fungsi yang saling berkaitan sampai membentuk sistem pendingin yang dapat bekerja secara optimal. Selain itu, seluruh komponen juga berasal dari hasil pembelian pada *supplier* tahap sebelumnya.

Pada tahap *process*, merupakan inti keseluruhan dari alur diagram SIPOC. Tahap ini mencakup seluruh *input* yang sudah dilakukan pengadaan yang kemudian diolah menjadi rangkaian sistem AC alat berat. Prosesnya diawali dengan pembuatan *bracket*, penyesuaian *compressor*, penyesuaian *O-ring* dan *hose*, penyesuaian *switch level*, serta

penyesuaian kabel. Setelah pembuatan dan penyelesaian selesai dilakukan, prosesnya dilanjut dengan perakitan dari seluruh komponen yang ada sehingga menjadi serangkaian sistem AC alat berat. Setiap proses tersebut tentu saja berhubungan langsung dengan permasalahan yang ditemukan pada analisis CTQ. Hal ini menunjukkan bahwa titik-titik proses tersebut dapat menjadi area kritis yang perlu dikendalikan.

Pada tahap *output*, menghasilkan serangkaian AC alat berat yang siap digunakan pada unit operasional. *Output* ini merupakan hasil dari kesleuruhan proses yang sudah dilakukan ditahap sebelumnya. Kualitas *output* sangat ditentukan oleh keberhasilan setiap tahapan proses. Selain itu, *output* yang dihasilkan harus memenuhi standar kualitas perusahaan agar mampu memberikan performa pendinginan yang optimal pada unit alat berat. Apabila terdapat kesalahan pada salah satu tahap sebelumnya, maka *output* yang dihasilkan berpotensi mengalami *defect* atau penurunan performa. Hal ini yang dapat meningkatkan kemungkinan klaim garansi dari *customer*.

Tahap *customer* menjelaskan siapa yang pengguna akhir dari sistem AC alat berat. Fokus pada penelitian ini, CV. New Utama Technic memiliki *customer* yaitu PT United Tractors Tbk. Sebagai pengguna akhir, *customer* tentu saja memiliki ekspektasi terhadap kualitas produk yang mampu memberikan kenyamanan operasional, khususnya dalam menjaga suhu kabin agar tetap stabil selama penggunaan alat berat. Hal ini dikarenakan mereka juga sebagai penjual unit-unit yang telah dipasang serangkaian sistem AC tersebut.

5.2 Analisis Measure

Tahap ini merupakan tahap yang akan diperhitungkan dari kegagalan-kegagalan yang terjadi dari klaim garansi tahun 2025. Perhitungan ini sebagai dasar pemahaman dalam seberapa besar masalah yang terjadi dan seberapa baik proses yang sudah berjalan sekarang. Sigma level dihitung yang kemudian dilakukan identifikasi terhadap kegagalan berdasarkan data klaim garansi menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas risiko dari setiap jenis kegagalan.

5.2.1 Perhitungan Sigma Level

Perhitungan sigma level dilakukan menggunakan data klaim garansi produk tahun 2025. Dari total 191 unit yang terjual dalam masa garansi tahun tersebut, tercatat sebanyak 62

klaim garansi yang masuk, dengan jumlah *Critical to Quality* sebesar 5 karakteristik kualitas berdasarkan klaim.

Hasil perhitungan *Defects Per Opportunity* (DPO) menunjukkan nilai sebesar 0,06492, yang berarti bahwa dari setiap satu kesempatan yang ada, terdapat peluang kecacatan sebesar 6,49%. Nilai ini selanjutnya dikonversikan ke dalam satuan DPMO (*Defects Per Million Opportunities*) dan menghasilkan nilai sebesar 64.921 DPMO, artinya dari setiap satu juta kesempatan produksi, diperkirakan terdapat 64.921 kegagalan atau cacat yang berpotensi terjadi.

Melalui konversi menggunakan fungsi NORMSINV, diperoleh nilai sigma level sebesar 3,01. Nilai ini mengindikasikan bahwa kapabilitas proses produksi saat ini masih berada pada kisaran rata-rata industri secara umum. Meskipun berada kisaran tersebut, kondisi ini masih jauh dari standar six sigma yang menargetkan capaian 6 sigma dengan DPMO di bawah 3,4 per satu juta kesempatan. Apabila dibandingkan dengan standar kapabilitas proses industri manufaktur, nilai sigma 3,01 menunjukkan bahwa masih terdapat ruang perbaikan yang sangat signifikan. Tingginya angka DPMO sebesar 64.921 mencerminkan bahwa hampir 6,5% dari total peluang produksi berdasarkan penjualan masih menghasilkan produk yang tidak memenuhi ekspektasi pelanggan. Dibuktikan dengan fakta bahwa tingkat klaim garansi yang terjadi jauh diatas batas maksimal yang CV tetapkan, sehingga menegaskan bahwa permasalahan kualitas yang ada tidak dapat diabaikan dan memerlukan tindakan perbaikan yang terstruktur.

Dengan kondisi sigma awal sebesar 3,01 ini, perusahaan perlu melakukan analisis mendalam untuk mengidentifikasi sumber-sumber kegagalan yang paling dominan. Oleh karena itu, hasil pengukuran sigma level ini menjadi landasan yang kuat untuk melanjutkan analisis menggunakan metode *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), guna mengidentifikasi dan memprioritaskan *risk agent* yang paling berkontribusi terhadap tingginya klaim garansi. Dengan demikian, upaya perbaikan dapat difokuskan pada akar permasalahan dan peningkatan nilai sigma secara berkelanjutan dapat menaik.

5.2.2 Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Tahap ini merupakan tahap yang akan diperhitungkan dari kegagalan-kegagalan yang terjadi dari klaim garansi tahun 2025. Perhitungan sebelumnya menjadi dasar kuat untuk dilakukan analisis menggunakan metode ini. Identifikasi dilakukan terhadap kegagalan berdasarkan data klaim garansi menggunakan metode *Failure Mode and*

Effects Analysis (FMEA) dengan perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) untuk menentukan tingkat prioritas risiko dari setiap jenis kegagalan.

Berdasarkan hasil pengolahan data pada tahap *Measure*, khususnya melalui perhitungan *Risk Priority Number* (RPN) pada tabel 4. 6, teridentifikasi beberapa *risk agent* yang memiliki nilai RPN > 100. Nilai tersebut secara teoritis mengindikasikan tingkat risiko yang tinggi dan memerlukan tindakan perbaikan yang mendesak. Namun, dalam penelitian ini, penentuan prioritas masalah yang akan diselesaikan pada tahap *improve* tidak hanya didasarkan pada besaran angka RPN semata, melainkan juga mengintegrasikan kondisi aktual perusahaan melalui hasil wawancara dan observasi langsung. Langkah ini diambil agar usulan perbaikan yang dihasilkan bersifat lebih aplikatif dan tepat sasaran sesuai dengan kapasitas serta kebutuhan CV. Adapun 3 pertimbangan utama yang digunakan oleh pihak manajemen perusahaan dalam menetapkan prioritas perbaikan yaitu estimasi kerugian tertinggi yang menjadi salah satu permasalahan utama, kemudian konsistensi kejadian kegagalan yang menitikberatkan pada kegagalan yang terjadi secara berulang sehingga mengindikasikan adanya kelemahan sistematis pada proses dan membawa dampak finansial yang signifikan terhadap klaim garansi. Selain itu, faktor internal perusahaan juga dipertimbangkan dengan memprioritaskan variabel-variabel yang berada di bawah kendali langsung perusahaan. Hal ini membantu usulan perbaikan yang dirancang dapat segera diimplementasikan tanpa ketergantungan pada pihak luar.

Setelah diidentifikasi kegagalan pada draft klaim garansi 2025, didapatkan hasil 8 *risk event* dan 9 *risk agent*. Melalui pertimbangan RPN tertinggi dan dua pertimbangan strategis di atas, manajemen perusahaan bersama peneliti menetapkan dua *risk agent* sebagai prioritas utama perbaikan yaitu A8 (korosi (berkarat)) dengan nilai RPN tertinggi sebesar 120 pada komponen *bracket* dan A9 (Kontaminasi air/benda basah pada sambungan kabel yang tidak tertutup dengan baik) dengan nilai RPN sebesar 120 pada komponen *wiring/kabel*. Kedua *risk agent* tersebut memiliki estimasi kerugian tertinggi, menunjukkan kejadian yang lebih sering berdasarkan data klaim garansi 2025 dan kegagalan terindikasi dari proses internal perusahaan. Dengan demikian, intervensi perbaikan pada kedua titik ini diproyeksikan akan memberikan dampak penurunan klaim garansi yang paling signifikan.

Di sisi lain, terdapat beberapa *risk agent* yang juga memiliki nilai RPN > 100 namun diputuskan untuk tidak diprioritaskan dalam perbaikan penelitian ini. *Risk agent* tersebut

adalah A1 (*Receiver drier/filter* tersumbat) dengan RPN sebesar 140 dan A2 (Kebocoran refrigerant) dengan RPN sebesar 105. Meskipun memiliki estimasi kerugian yang sama tinggi dan frekuensi klaim juga cukup tinggi dengan menempati urutan ketiga setelah A9 dan A8, hasil analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa kegagalan tersebut lebih dominan dipengaruhi oleh faktor eksternal di luar kendali langsung perusahaan. Kegagalan A1 cenderung terjadi karena faktor eksternal yaitu *maintenance* yang dilakukan tidak sesuai oleh pengguna. Sedangkan pada A2, merupakan kegagalan yang insidental yang baru pertama kali terjadi pada tahun 2025 sehingga baru mulai terdeteksi.

5.3 Analisis *Analyze*

Berdasarkan hasil tahap *measure*, tahap ini dilakukan analisis akar masalah dan sebab akibat dari faktor yang menjadi dominan dari permasalahan yang ada menggunakan *fishbone* diagram. Pemetaan tersebut dilakukan ke dalam beberapa kategori utama, seperti faktor manusia (*man*), metode (*method*), material (*material*), mesin (*machine*), pengukuran (*measurement*) dan lingkungan (*environment*). Peneliti melakukan investigasi mendalam untuk mengidentifikasi akar penyebab (*root causes*) dari dua *risk agent* prioritas yang telah ditetapkan sebelumnya yaitu A8 (korosi (berkarat)) dan A9 (Kontaminasi air/benda basah pada sambungan kabel yang tidak tertutup dengan baik).

Pada *risk agent* A8, masalah patahnya *bracket* ditangan konsumen dipicu oleh terjadinya korosi (karat) pada material. Adapun analisis berbagai faktor menunjukkan poin-poin kritis dari aspek *material* dan *method* sebagai kontributor utama, yaitu perusahaan yang hanya menggunakan cat biasa untuk mewarnai *bracket* tanpa melakukan pelapisan dan proses dasar anti karat yang memicu pori-pori logam tidak terlindungi secara optimal dari oksidasi. Selain itu, pelapisan yang sudah dilakukan tidak dapat menjamin ketebalan yang sesuai untuk melindungi *bracket*, sehingga ini sebagai pemicu pada aspek *man* yang didapatkan bahwa pengecatan bisa dilakukan dengan tidak sempurna. Terakhir, pada *environment*, yaitu tidak adanya inspeksi awal terhadap potensi korosi serta kondisi unit di lapangan karena adanya paparan langsung oleh air, lumpur, kelembapan yang tinggi, serta kontaminasi oli. Kondisi tersebut mempercepat laju korosi pada bagian *bracket* yang dapat melemahkan struktur kekuatan *bracket*.

Pada *risk agent* A9, ditemukan bahwa kegagalan fungsi pada sistem kelistrikan unit disebabkan oleh kualitas penutup sambungan yang buruk. Adapun analisis berbagai faktor menunjukkan poin-poin kritis dari aspek *material* dan *method* juga sebagai kontributor utama yaitu penggunaan pelindung sambungan kabel menggunakan isolasi

biasa sehingga memiliki ketahanan yang kurang dalam melindungi kabel serta proses pemasangan isolasi yang tidak dapat menjamin kerapatan penutupan pada sambungan kabel. Pada aspek *man* dan *measurement* yaitu adanya variasi cara pemasangan isolasi dan kurangnya ketelitian operator serta QC yang ada hanya secara visual tanpa diuji tarik atau tekanan. Terakhir, pada *machine* dan *environment* yaitu tidak adanya pelindung panas diarea kabel dengan suhu operasional unit yang tinggi dan getaran yang terjadi secara terus-menerus selama unit digunakan. Hal tersebut juga dapat mempercepat terkelupasnya pelindung sambungan, yang pada akhirnya memicu arus pendek listrik.

Melalui analisis sebab akibat di atas, dapat disimpulkan bahwa titik kritis dari kedua kegagalan tersebut bukan terletak pada kesalahan fungsional komponen utama, melainkan pada lemahnya metode perlindungan material saat proses perakitan internal di CV.

5.4 Analisis *Improve*

Tahap ini merupakan fase perbaikan dari *root causes* pada tahap sebelumnya dengan hasil evaluasi terhadap dua risiko prioritas yaitu A8 (korosi (berkarat)) dan A9 (Kontaminasi air/benda basah pada sambungan kabel yang tidak tertutup dengan baik). Usulan perbaikan dibuat menggunakan pendekatan poka-yoke, yaitu metode pencegahan kesalahan untuk meminimalkan terjadinya kegagalan dalam proses. Solusi yang akan diberikan tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga aplikatif dan berorientasi pada peningkatan kualitas secara berkelanjutan.

5.4.1 Analisis *Improve* A8

Berdasarkan hasil analisis akar permasalahan pada tahap *analyze*, korosi pada *bracket* bersumber dari tidak adanya perlindungan awal material yang memadai terhadap kondisi lingkungan operasional. Penggunaan cat biasa tanpa kandungan anti karat menjadi penyebab utama, yang diperparah dengan belum adanya acuan atau standar pelapisan yang jelas sehingga pengecatan yang ada tidak menjamin ketebalan yang sesuai. Oleh karena itu, solusi awal yang diusulkan berupa penggantian cat biasa menjadi cat anti karat.



Gambar 5. 1 Usulan Cat Anti Karat
(Sumber: Google.com)

Usulan tersebut diperkuat dengan penambahan elemen poka-yoke sebagai mekanisme pengendalian proses pengecatan secara aktif. Pada kegagalan *bracket*, didapatkan titik kritis area patah dari terjadinya korosi, adapun bentuk perbaikan yang usulkan pada proses pengecatan yaitu:

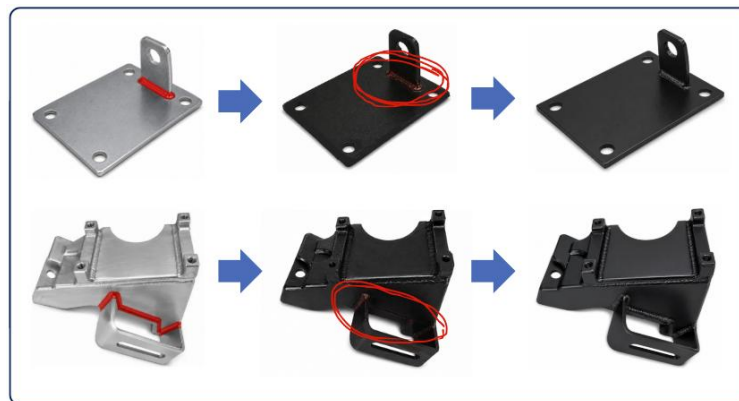
1. Pemberian penanda pada titik kritis area patah, dilengkapi dengan panduan visual yang ditempel pada dinding atau meja kerja sebagai acuan bagi operator.



Gambar 5. 2 Usulan Panduan Penandaan Titik Kritis

Panduan penandaan titik kritis pada gambar 5. 2, menunjukkan dua buah komponen *bracket* yang masing-masing diberi tanda panah merah pada titik-titik tertentu yang merupakan area rawan patah. Panduan visual ini ditempel pada dinding atau meja kerja agar operator memiliki acuan yang jelas mengenai area mana pada komponen yang perlu diberi perhatian khusus, baik saat proses produksi maupun saat pemeriksaan kualitas, sehingga area kritis tersebut tidak terlewat.

2. Penggunaan warna kontras, yaitu merah sebagai penanda titik kritis dan hitam sebagai cat anti karat, sebagai pembantu deteksi selama proses pengecatan pada area rawan patah.



Gambar 5. 3 Ilustrasi Penggunaan Penanda Warna Deteksi Ketebalan Cat

Penggunaan warna kontras pada penandaan titik kritis pada Gambar 5.3, membantu operator mendeteksi kondisi pelapisan cat anti karat secara visual. Area yang masih dilingkari merah menandakan ketebalan cat belum merata, sedangkan area yang sudah berubah menjadi hitam menandakan ketebalan lapisan pada titik tersebut telah sesuai standar. Dengan demikian, kontras warna merah-hitam ini memudahkan operator memantau dan memastikan ketebalan cat pada titik-titik kritis tetap terkendali selama proses pengecatan berlangsung.

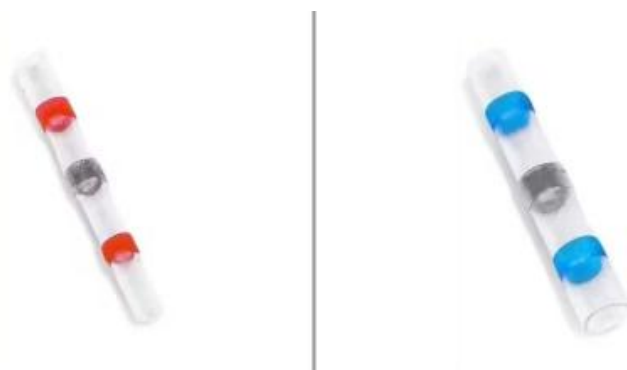
Penambahan visualisasi panduan berupa penandaan warna merah pada titik-titik kritis *bracket* menempatkan solusi ini dalam kategori *poka-yoke* dengan pendekatan *preventif* sekaligus deteksi. Warna merah dipilih sebagai sinyal aktif yang memberikan deteksi langsung bagi operator selama proses pengecatan. Dimana selama titik kritis masih terlihat merah, ketebalan cat pada area tersebut dikenali belum merata, dan baru dianggap sesuai standar setelah warna merah sepenuhnya tertutup cat. Mekanisme ini sejalan dengan prinsip dasar *poka-yoke*, yaitu mendeteksi kesalahan ketebalan lapisan sedini mungkin tanpa harus menunggu tahap inspeksi QC yang terpisah. Selain itu, penanda warna ini juga mendorong kedisiplinan operator dalam proses pengecatan, sehingga kelalaian yang sebelumnya mungkin terjadi dapat diminimalkan selaras dengan konsep *mistake-proofing* yang membangun kesadaran operator langsung di dalam proses kerja itu sendiri.

Pada implementasinya, solusi ini dinilai realistis untuk diterapkan pada skala produksi CV yang bersangkutan. Mengingat volume produksi *bracket* berkisar antara 1-20 unit per bulan untuk keperluan stok. Solusi yang diusulkan ini tidak hanya menjawab permasalahan korosi secara teknis, tetapi juga memperkuat sistem pengendalian proses

secara efektif. Ini membantu mengoptimalkan proses yang sudah berjalan, karena cara pengerjaannya tetap sama seperti sebelumnya yang dilakukan. Adapun untuk estimasi penggunaan perbaikan awal, satu kaleng cat anti karat berkapasitas 0,9 liter dapat digunakan untuk mengecat sekitar 50 unit *bracket* dengan beberapa lapisan pengecatan, sedangkan satu kaleng cat penanda berkapasitas 0,9 liter dapat digunakan untuk penandaan sekitar 200 unit *bracket*. Harga masing-masing cat berkapasitas 0,9 liter adalah $\pm$ Rp110.000. Oleh karena itu, total biaya pengadaan material yang dibutuhkan untuk implementasi usulan perbaikan adalah sebesar $\pm$ Rp220.000.

5.4.2 Analisis *Improve A9*

Berdasarkan hasil analisis *fishbone* yang telah dilakukan, kegagalan pada *wiring* diidentifikasi bersumber dari penggunaan isolasi biasa yang memiliki ketahanan rendah terhadap kondisi lingkungan serta tidak adanya standar yang menjamin bahwa pemasangan pelindung sudah sesuai. Kedua faktor ini secara bersamaan menciptakan kondisi yang rentan terhadap kerusakan. Solusi yang diusulkan berupa penggantian pelindung awal yaitu isolasi biasa dengan *heat shrink waterproof*. Secara mekanisme, *heat shrink* bekerja dengan cara menyusut rapat ketika dipanaskan menggunakan alat *heat gun* sehingga menutup seluruh permukaan sambungan kabel secara menyeluruh dan kedap. Kondisi ini secara efektif mencegah paparan lingkungan, khususnya air, yang selama ini menjadi pemicu utama terbukanya isolasi kabel dan terjadinya arus pendek listrik.



Gambar 5. 4 Usulan *Heat Shrink Waterproof*
(Sumber: Shopee.com)



Gambar 5. 5 Heat Gun
(Sumber: Shopee.com)

Pada kegagalan dan kabel yang digunakan oleh CV terdapat 2 ukuran berbeda yang juga berpotensi menimbulkan kesalahan pemasangan apabila tidak dikendalikan dengan baik, diperkuat dengan penambahan poka-yoke sebagai mekanisme pendukung pengendalian yaitu:

1. Penambahan panduan visual berupa petunjuk ukuran, warna, cara kerja dan acuan hasil penggunaan *heat shrink* yang ditempel secara permanen pada dinding atau meja kerja sebagai acuan operator selama proses pemasangan.

PANDUAN UKURAN & WARNA HEAT SHRINK	
MERAH Kabel Switcher Suhu & Termostat	BIRU Kabel Relay & Blower
0,5–1,0 mm ² 	1,5–2,5 mm ² 

Gambar 5. 6 Usulan Panduan Pemilihan *Heat Shrink*

Panduan pemilihan *heat shrink* pada gambar 5. 6, menjelaskan sistem kode warna untuk membantu teknisi memilih *heat shrink* yang tepat sesuai jenis kabel yang akan disambung. Warna merah diperuntukkan bagi kabel *switcher* suhu dan termostat, dengan ukuran *heat shrink* berkisar 0,5–1,0 mm². Sedangkan pada warna biru digunakan untuk kabel *relay* dan *blower*, dengan ukuran yang lebih besar yaitu 1,5–

2,5 mm², karena kabel jenis ini umumnya membawa arus yang lebih besar. Dengan adanya perbedaan warna ini dapat meminimalkan risiko kesalahan pemilihan ukuran *heat shrink* pada langkah awal pemasangan, sekaligus memudahkan proses identifikasi secara visual saat bekerja.

PANDUAN CARA PEMAKAIAAN HEAT SHRINK

1 SIAPKAN KABEL DAN CONNECTOR
Kupas kabel secukupnya sesuai kebutuhan. Masukkan kedua ujung kabel ke dalam solder sleeve dengan ukuran yang tepat.

2 PUTAR DAN POSISIKAN
Putar konduktor (kawat tembaga) hingga menyatu lalu geser connector ke posisi tengah konduktor.

3 PANASKAN SECARA MERATA
Panaskan menggunakan heat gun secara merata hingga solder meleleh dan heat shrink menyusut sempurna.

SPESIFIKASI SUHU (DALAM °C)	
 Rentang Suhu Kerja Connector	-55°C ~ 125°C (Suhu operasi aman)
 Suhu Penyusutan Minimum	79°C (Mulai menyusut)
 Suhu Penyusutan Maksimum	160°C+ (Penyusutan sempurna)
 Suhu Leleh Minimum Solder	138°C (Solder mulai meleleh)
 Suhu Leleh Maksimum Solder	160°C (Solder meleleh optimal)

Gambar 5. 7 Usulan Panduan Cara Pemakaian *Heat Shrink*

Panduan cara pemakaian pada Gambar 5.7 menguraikan langkah-langkah pemasangan *heat shrink*, mulai dari tahap persiapan hingga proses pemanasan menggunakan *heat gun* agar *heat shrink* menyusut dan menutup sambungan secara rapat. Selain urutan kerja, panduan tersebut juga dilengkapi informasi terkait spesifikasi suhu sebagai acuan agar proses pemanasan dapat berlangsung optimal. Dengan demikian, gambar ini berfungsi sebagai pedoman teknis yang menggabungkan urutan kerja dan parameter suhu, sehingga kerapatan hasil pemasangan *heat shrink* dalam melindungi sambungan kabel dapat terjamin secara konsisten.



Gambar 5. 8 Usulan Acuan Hasil Penggunaan *Heat Shrink*

Acuan hasil pada gambar 5. 8 menyajikan perbandingan antara hasil pemasangan yang benar dan yang salah. Hasil yang ditandai tanda centang hijau menunjukkan sambungan yang rapi dan dianggap sudah sesuai, di mana *heat shrink* menyusut merata dan menutup sambungan kabel secara rapat tanpa ada rongga maupun cacat permukaan. Sebaliknya, hasil yang ditandai tanda silang merah menunjukkan dua jenis kegagalan yang umum terjadi, yaitu adanya rongga udara di sekitar sambungan, dan kondisi *overheat* yang terlihat dari permukaan yang menghitam atau gosong akibat pemanasan berlebihan. Dengan adanya acuan visual ini, operator dapat mengenali secara langsung ciri-ciri hasil pemasangan yang sudah layak, sehingga kerapatan pelindung sambungan kabel dapat terjamin sebelum unit dinyatakan selesai.

2. Pemisahan wadah penyimpanan *heat shrink* berdasarkan ukuran dan warna secara fisik, disertai pemberian label nama pada masing-masing wadah.



Gambar 5. 9 Usulan Pemisahan Penyimpanan *Heat Shrink*

Pemisahan wadah penyimpanan *heat shrink* dilakukan secara fisik berdasarkan ukuran dan warna, lengkap dengan label nama pada masing-masing wadah. Wadah berlabel merah berisi heatshrink untuk kabel *switcher* suhu dan termostat, sedangkan wadah berlabel biru berisi *heat shrink* untuk kabel *relay* dan *blower*. Pemisahan ini memudahkan operator saat mengambil *heat shrink* dengan ukuran yang tepat, sehingga risiko salah ambil dan ketidaksesuaian kerapatan pelindung sambungan kabel dapat dicegah sejak tahap pengambilan material.

Penggantian material isolasi menjadi *heat shrink waterproof*, yang disertai pemisahan fisik wadah penyimpanan berdasarkan ukuran dan warna, menempatkan solusi ini dalam kategori poka-yoke dengan pendekatan *preventif*. Pemisahan wadah mencegah kesalahan pengambilan ukuran *heat shrink* sejak awal proses, sementara informasi visual

ukuran, warna, cara kerja, dan acuan hasil memastikan operator memasang *heat shrink* dengan benar sehingga kerapatan pelindung sambungan kabel tetap terjamin. Dengan demikian, kombinasi penggantian material dan penerapan poka-yoke ini saling melengkapi dalam memastikan sambungan kabel terlindungi secara konsisten. Dalam implementasinya, solusi ini realistis untuk diterapkan langsung pada skala CV yang bersangkutan. Mengingat proses pemasangan dilakukan berdasarkan pesanan atau *make to order* sehingga bisa menjadi sebuah pencegahan sejak awal dan pengendali proses secara efektif. Adapun untuk biaya implementasi awal, satu paket *heat shrink waterproof* berisi 50 buah memiliki harga $\pm$ Rp30.000. Pada harga *heat gun* yang digunakan yaitu sebesar $\pm$ Rp60.000. Selain itu, untuk media visual berupa tiga lembar panduan kerja yang dicetak berwarna dan dilaminasi, serta dua label untuk penamaan area penyimpanan estimasi sebesar $\pm$ Rp40.000. Dengan demikian, total biaya implementasi awal $\pm$ Rp130.000. Biaya tersebut tergolong rendah karena sebagian besar komponen yang diadakan, yaitu *heat gun* dan media visual, merupakan fasilitas pendukung yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan.

5.4.3 Perhitungan Estimasi Sigma Level Setelah Implementasi

Berdasarkan hasil simulasi perhitungan yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa penerapan usulan perbaikan berupa poka-yoke pada 2 *risk agent* dominan yaitu *bracket broken* dan *wiring harness* memberikan dampak yang positif terhadap kinerja kualitas proses produksi CV. Dengan asumsi penurunan kegagalan sebesar 70% berdasarkan hasil wawancara pada kedua jenis kegagalan tersebut, jumlah klaim garansi yang sebelumnya tercatat sebanyak 62 kasus diproyeksikan dapat ditekan menjadi 37 kasus. Penurunan ini secara langsung memengaruhi nilai DPO dan DPMO yang dihasilkan, di mana DPMO mengalami penurunan dari kondisi awal menjadi 38.743, yang kemudian berdampak pada peningkatan level sigma dari 3,01 menjadi 3,26.

Peningkatan level sigma yang cukup signifikan tersebut merepresentasikan penurunan jumlah cacat dalam jumlah yang cukup besar. Pada kasus ini, peningkatan dari 3,01 menjadi 3,26 sigma menggambarkan bahwa proses produksi CV mulai bergerak mendekati rata-rata kemampuan proses industri manufaktur pada umumnya. Selain dari sisi level sigma, penurunan persentase klaim garansi dari 32% menjadi 19% juga memperkuat indikasi bahwa kedua usulan perbaikan yang diberikan terbukti efektif. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa fokus perbaikan yang diberikan kepada perusahaan telah tepat sasaran. Meskipun demikian, perlu digarisbawahi bahwa hasil

estimasi peningkatan sigma level ini bersifat proyeksi dan simulasi yang didasarkan pada asumsi efektivitas perbaikan sebesar 70%, yang diperoleh dari hasil diskusi dan penilaian subjektif pihak perusahaan. Oleh karena itu, angka 3,26 sigma yang dihasilkan sebagai gambaran potensi peningkatan kualitas yang realistis untuk dicapai apabila usulan perbaikan benar-benar diterapkan secara konsisten. Hasil ini juga menegaskan bahwa upaya peningkatan kualitas melalui pendekatan six sigma bersifat berkelanjutan dan bertahap. Pencapaian peningkatan sigma level pada siklus pertama ini menjadi pijakan awal yang penting, sekaligus menjadi indikator bahwa metode DMAIC yang digunakan dalam penelitian ini efektif untuk mengidentifikasi dan menekan sumber kegagalan dominan. Namun demikian, karena masih terdapat risk agent lain yang belum tersentuh oleh perbaikan pada siklus ini, maka diperlukan siklus perbaikan lanjutan agar seluruh sumber penyebab kegagalan produk dapat dikendalikan secara lebih komprehensif, sehingga level sigma dapat ditingkatkan untuk lebih mencapai standar maksimal CV di masa mendatang.

5.5 Analisis *Control*

Tahap *control* adalah fase *final* pada metodologi six sigma yang bertujuan untuk menjaga keberlangsungan usulan perbaikan yang telah diusulkan pada tahap *improve* dan akan diterapkan. Perbaikan yang telah dilaksanakan pada tahap *improve* dapat diterapkan secara konsisten oleh pihak CV. New Utama Technic yaitu dengan berfokus pada standarisasi operasional melalui pembaruan instrumen lembar *checklist QC*. Analisis terhadap tahap ini dalam penelitian mencakup beberapa poin krusial sebagai berikut:

1. Mekanisme *Go/No-Go Gate*

Instrumen pada lembar *checklist QC* berfungsi sebagai penghalang fisik dan prosedural *Go/No-Go Gate* di akhir penyesuaian komponen. Dengan adanya pembaruan daftar periksa tersebut dapat membantu memastikan bahwa komponen yang sudah selesai telah memenuhi dua kriteria perbaikan utama, yaitu penggunaan *heat shrink* pada *wiring harness* (A9) dan pelapisan cat anti karat pada *bracket* (A8).

2. Reduksi variabel kesalahan manusia

Sebelum adanya penelitian dan pemberian tahap *control* ini, operator memiliki kecenderungan untuk menggunakan metode lama yaitu isolasi biasa dan pengecatan dengan cat biasa. Setelah diberikan usulan maka operator dipaksa mengikuti standarisasi cara kerja dengan pembaruan lembar *checklist QC*. Dengan adanya kewajiban mengisi status "YA" atau "TIDAK" pada setiap poin kualitas, kesadaran

operator terhadap detail teknis meningkat, yang secara langsung akan menurunkan nilai *occurrence* di masa depan.

Adapun rekomendasi penambahan pembaruan lembar *checklist QC* untuk *bracket* ada pada tabel 5. 1 dan untuk *wiring* pada tabel 5. 2.

Tabel 5. 1 Rekomendasi Lembar *Control Checklist Bracket*

Standar Kualitas	Status (Ya/Tidak)	Keterangan
Apakah tidak terdapat karat pada permukaan sebelum pengecatan?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika ada, lakukan pembersihan
Apakah penandaan warna merah pada titik kritis <i>bracket</i> telah dilakukan dan sesuai sebelum proses pengecatan?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika belum, wajib dilakukan penandaan terlebih dahulu
Apakah penanda warna merah pada titik kritis <i>bracket</i> telah sepenuhnya tertutup cat (berubah menjadi hitam)?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika masih terlihat merah, wajib tambah lapisan cat pada titik tersebut
Apakah permukaan <i>bracket</i> di luar titik kritis juga telah terlapisi cat anti karat secara merata?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika tidak, wajib cat ulang
Apakah cat sudah kering sempurna sebelum pemasangan?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika belum, lakukan pengeringan kembali

Tabel 5. 2 Rekomendasi Lembar *Control Checklist Wiring*

Standar Kualitas	Status (Ya/Tidak)	Keterangan
Apakah sambungan kabel telah menggunakan <i>heat shrink waterproof</i> sesuai ukuran dan warna yang ditetapkan?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika tidak, wajib diganti dengan ukuran yang sesuai
Apakah <i>heat shrink</i> telah dipanaskan menggunakan <i>heat gun</i> sesuai suhu acuan hingga menyusut menutup sambungan secara rapat?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika belum rapat, ulangi proses pemanasan
Apakah tidak terdapat rongga udara di sekitar sambungan setelah <i>heat shrink</i> terpasang?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika ada rongga, wajib dilakukan pemasangan ulang
Apakah permukaan <i>heat shrink</i> tidak menghitam atau gosong akibat panas berlebih (<i>overheat</i>)?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika gosong, ganti <i>heatshrink</i> dan ulangi pemanasan dengan suhu sesuai acuan
Apakah sambungan kabel terpasang kuat dan tidak longgar?	☐ YA / ☐ TIDAK	Jika longgar, lakukan pemasangan ulang

Tahap ini menyimpulkan bahwa kunci dari keberhasilan six sigma di CV. New Utama Technic terletak pada disiplin implementasi lembar kontrol tersebut. Dokumen ini menjadi bukti fisik bagi manajemen dalam melakukan audit kualitas secara berkala. Jika di kemudian hari masih ditemukan klaim garansi pada area yang sama, ini dapat memudahkan manajemen dapat melakukan pelacakan melalui lembar *checklist* yang sudah ada tersebut.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan rumusan masalah dan hasil penelitian, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 5 *Critical to Quality* (CTQ) yaitu *compressor broken*, *unfunctional switch level selector*, *loose O-ring Hose condensor*, *bracket broken* dan *wiring harness*. Alur proses perakitan AC melibatkan 16 *supplier* sebagai penyedia komponen utama yang menjadi *input* produksi, mulai dari *compressor* hingga kabel. Prosesnya berlangsung dalam 6 tahap berurutan, dimulai dari pembuatan *bracket*, penyesuaian komponen (*compressor*, *O-ring & hose*, *switcher level*, kabel) hingga perakitan akhir seluruh komponen menjadi serangkaian AC alat berat sebagai *output* yang diserahkan kepada PT. United Tractor Tbk selaku *customer*.
2. Nilai DPO sebesar 0,06492 dan DPMO sebesar 64.921, yang berarti terdapat sekitar 64.921 potensi kegagalan dari setiap satu juta kesempatan produksi. Nilai ini mengonversi pada tingkat sigma sebesar 3,01, yang menunjukkan bahwa kapabilitas proses produksi CV saat ini masih berada pada kisaran rata-rata industri secara umum dan jauh dari standar six sigma, sehingga permasalahan kualitas yang teridentifikasi memerlukan tindakan perbaikan yang terstruktur.
3. Diperoleh dua kegagalan dominan yaitu A8 pada komponen *bracket* dan A9 pada komponen *wiring* dengan nilai RPN keduanya adalah 120. Akar masalah dari kedua kegagalan yang akan ditindaklanjuti didapat berdasarkan aspek *material* dan *methode*. Pada A8 diketahui bahwa penyebab utama kegagalan berasal dari penggunaan cat biasa (tanpa anti karat) dan ketebalan cat pada titik kritis yang belum memadai. Pada A9, diketahui bahwa penyebab utama kegagalan berasal dari penggunaan pelindung sambungan kabel menggunakan isolasi biasa sehingga memiliki ketahanan yang kurang dalam melindungi kabel serta pelapisan tidak disertai dengan acuan yang jelas.
4. Usulan perbaikan akar masalah penggunaan cat biasa dan ketebalan cat pada titik kritis yang belum memadai pada *bracket*, dan penggunaan isolasi biasa dengan ketahanan rendah dan pemasangan yang belum menjamin kerapatan pada *wiring*, berupa perbaikan berupa deteksi ketebalan warna dengan titik kritis pada A8 (*bracket*)

dan penambahan acuan visual serta pemisahan wadah *heat shrink* berdasarkan ukuran dan warna pada A9 (*wiring*). Hasil estimasi dengan asumsi efektivitas perbaikan sebesar 70%, jumlah klaim garansi diproyeksikan turun dari 62 menjadi 37 kasus, dengan persentase klaim menurun dari 32% menjadi 19%. Penurunan tersebut berdampak pada perbaikan nilai DPMO menjadi 38.743 serta peningkatan level sigma dari 3,01 menjadi 3,26, yang menunjukkan bahwa usulan perbaikan yang diberikan telah tepat sasaran dalam mengatasi akar permasalahan yang teridentifikasi.

5. Pembuatan standarisasi operasional melalui pembaruan instrumen lembar *checklist QC* pada masing-masing komponen. Selain itu, dilakukan pemantauan melalui indikator seperti penurunan klaim garansi dan kesesuaian proses dengan standar yang telah ditetapkan. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbaikan dapat diterapkan secara konsisten dan mencegah terjadinya kegagalan yang sama di masa mendatang.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan evaluasi secara bertahap dan berkala terhadap karakteristik kualitas yang berkaitan dengan kebutuhan pelanggan. Selain itu, pemetaan alur proses bisa diperbarui ketika terdapat perubahan komponen, metode kerja, maupun spesifikasi produk untuk membantu mengurangi potensi kegagalan pada setiap tahapan proses dapat diidentifikasi lebih dini.
2. Melakukan program perbaikan berkelanjutan untuk meningkatkan kapabilitas proses. Fokus perbaikan bisa diprioritaskan pada kegagalan dengan tingkat risiko tinggi setelah A8 dan A9 agar penurunan cacat dan klaim garansi dapat dicapai secara lebih efektif.
3. Melakukan pengendalian yang lebih ketat terhadap berbagai aspek yang menyebabkan terjadinya kegagalan. Penggunaan material serta penyediaan instruksi kerja yang jelas dan mudah dipahami perlu diterapkan secara konsisten untuk meminimalkan penyebab utama kegagalan yang berasal dari ketidaksesuaian material maupun variasi pelaksanaan pekerjaan oleh operator.
4. Mengimplementasikan penggunaan cat anti karat pada proses pengecatan *bracket* dan *heat shrink waterproof* pada sambungan kabel secara menyeluruh. Selain itu, media poka-yoke berupa penandaan titik kritis, panduan visual dan sistem identifikasi pada area penyimpanan perlu dipelihara dan diimplementasikan segera, serta diperbarui

apabila terjadi perubahan proses sehingga efektivitas pengendalian kesalahan dapat terus terjaga.

5. Menerapkan pemantauan dan evaluasi secara berkala sejak implementasi usulan yang ada melalui penggunaan lembar *checklist* QC yang telah diperbarui. Selain itu, indikator kinerja seperti jumlah klaim garansi, tingkat kecacatan produk, dan kepatuhan terhadap standar kerja perlu dievaluasi secara rutin sebagai dasar dalam menentukan tindakan perbaikan lanjutan dan menjaga konsistensi kualitas produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, F. (2019). Six Sigma DMAIC sebagai Metode Pengendalian Kualitas Produk Kursi pada UKM. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 6(1), 11–17. <https://doi.org/10.24853/jisi.6.1.11-17>
- Amarta, Y. Y., & Hazimah, H. (2021). *Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Statistical Processing Control (SPC) pada PT Surya Teknologi*.
- Antony, J. (2006). Six sigma for service processes. *Business Process Management Journal*, 12(2), 234–248. <https://doi.org/10.1108/14637150610657558>
- Aura Salsabila Yusup, & Ade Momon S. (2025). Analisis Penerapan Metode Statistical Process Control untuk Mengendalikan Kualitas Produk Papan Plywood Dekoratif. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 4(3), 1095–1105. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.1139>
- Azizah, T. N., Hunusalela, Z. F., & Sinambela, S. (2024). Usulan Perbaikan Kualitas Pada Proses Produksi Tahu dengan Metode Six Sigma dan Poka Yoke. *Teknoin*, 29(1). <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol29.iss1.art2>
- Balaji Paramesh, S. M. (2013). Lean Six sigma Implementation in Cable Harness Manufacturing 49. In *International Journal of Mechanical and Production Engineering* (Number 1).
- Basuki, D. E., Cahyo, W. N., Handayani, D., Apriani, R. A., & Mukarim, R. N. (2023). Combined Waste Assessment Model and Fuzzy-FMEA in Lean Six Sigma for Generating Waste Reduction Strategy: A Proposed Model. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Keilmuan Dan Aplikasi Teknik Industri*, 25(2), 153–168. <https://doi.org/10.9744/jti.25.2.153-168>
- Bennett, M. A., McDermott, R., & Beauregard, M. (2017). *The Basics of FMEA*. Productivity Press. <https://doi.org/10.1201/b16656>
- Faiz Aji Prakoso, M., & Ika Rinawati, D. (2019). *Analisis Faktor Keterlambatan pada Fungsi Procurement dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (Studi Kasus di PT Pertamina Trans Kontinental)*. <http://ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/ieojis>
- Febriana, T. H., & Hasbullah, H. (2021). Analysis and Defect Improvement Using FTA, FMEA, and MLR Through DMAIC Phase: Case Study in Mixing Process Tire Manufacturing Industry. *Journal Européen Des Systèmes Automatisés*, 54(5), 721–731. <https://doi.org/10.18280/jesa.540507>
- Firmansyah, R., & Yuliarty, P. (2020). *Implementasi Metode DMAIC pada Pengendalian Kualitas Sole Plate di PT Kencana Gemilang*. XIV (2), 167–180. <https://doi.org/10.22441/pasti.2020.v14i2.007>
- Haekal, J. (2021). Application of Lean Six Sigma Approach to Reduce Worker Fatigue in Racking Areas Using DMAIC, VSM, FMEA and ProModel Simulation Methods in Sub Logistic Companies: A Case Study of Indonesia. *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology*, 07(06), 01–11. <https://doi.org/10.31695/ijerat.2021.3716>

- Han, S., Dong, L., Weng, Y., & Xiang, J. (2024). Heat exposure and productivity loss among construction workers: a meta-analysis. *BMC Public Health*, 24(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-024-20744-x>
- Hernadewita, Setiawan, I., & Hendra. (2022). Enhance quality improvement through lean six sigma in division Sideboard Clavinova piano's. *International Journal of Production Management and Engineering*, 10(2), 173–181. <https://doi.org/10.4995/ijpme.2022.16140>
- Hidayat, A. A., Kholil, M., Haekal, J., Ayuni, N. A., & Widodo, T. (2021). Lean Manufacturing Integration in Reducing the Number of Defects in the Finish Grinding Disk Brake with DMAIC and FMEA Methods in the Automotive Sub Industry Company. *International Journal of Scientific Advances*, 2(5). <https://doi.org/10.51542/ijscia.v2i5.7>
- Kenge, R., & Khan, Z. (2023). A Lean Six Sigma case study to improve the manufacturing process affected during COVID-19. In *Int. J. Quality Engineering and Technology* (Vol. 9, Number 1).
- Khalisan, D., & Hasibuan, A. (2025). Penggunaan Metode Six Sigma dalam Meningkatkan Kualitas Produk use of the Six Sigma Method in Improving Product Quality. *Variable Research Journal*, 02, 1. Vol. 2 No. 01
- Laily, N. Z., & Adriantantri, E. (2025). Pengendalian Kualitas Produk menggunakan Metode Poka Yoke. *Jurnal Mahasiswa Teknik Industri*, 8(1).
- Liu, Y., & Tang, Y. (2022). Managing Uncertainty of Expert's Assessment in FMEA with The Belief Divergence Measure. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10828-2>
- Masyittah, D., Abbas, S., & Yuhermansyah, E. (2019). muhadik,+1.+jurnal+dara+prodi+hes+2019+ok+133-156+edit. *Jurnal Dusturiah*.
- Monday, L. M. (2022). Define, Measure, Analyze, Improve, Control (DMAIC) Methodology as a Roadmap in Quality Improvement. *Global Journal on Quality and Safety in Healthcare*, 5(2), 44–46. <https://doi.org/10.36401/jqsh-22-x2>
- Muvidah, N. I., Yunitasari, E. W., & Kusmendar, K. (2023). Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Lean Six Sigma dan Fuzzy FMEA Dalam Upaya Menekan Kecacatan Produk. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 7(2), 86. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v7i2.1617>
- Nathanael Sitanggang, A. (2025). Application of Lean Six Sigma and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to Reduce Waste Defects in The Paper Slitting Production Process on Release Liner at Paper Manufacturing Company. In *International Journal of Economics Development Research* (Vol. 6, Number 3).
- Nugroho, I., Anas, A., Nugroho, A., & Prastyo, Y. (2024). *Evaluasi Penerapan Metode DMAIC dalam Industri Manufaktur: Kajian Literatur*. <https://lenteranusa.id/>
- Nurfaizi, M. F., & Setiafindari, W. (2024). Upaya Perbaikan Kualitas Produk Dengan Metode Six Sigma dan FMEA di PT Yogya Presisi Tehnikatama Industri. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri dan Inovasi*, 2(4), 1–16. <https://doi.org/10.59024/jisi.v2i4.803>
- Omisola, J. O., Shiyabola, J. O., & Osho, G. O. (2024). A Predictive Quality Assurance Model Using Lean Six Sigma: Integrating FMEA, SPC, and Root Cause Analysis for Zero-Defect Production Systems. In *Int. j. adv. multidisc. res. stud* (Vol. 4, Number 6). www.multiresearchjournal.com
- Pande, P. . S., Neuman, R. P., & Cavanagh, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. McGraw Hill Professional. <https://books.google.co.id>

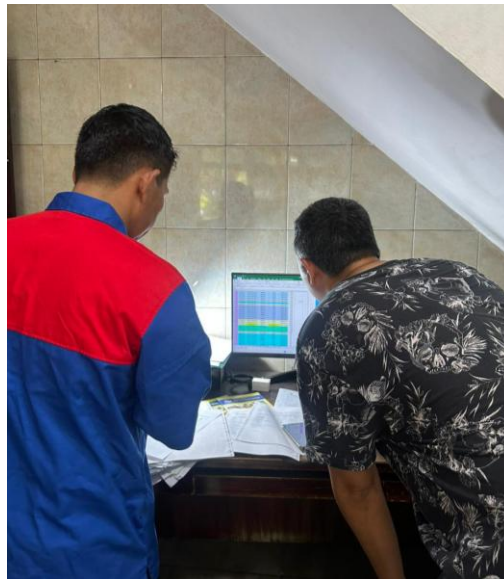
- Patyal, V. S., & Maddulety, K. (2015). Interrelationship between Total Quality Management and Six Sigma: A Review. *Global Business Review*, 16(6), 1025–1060. <https://doi.org/10.1177/0972150915597607>
- Pongboonchai-Empl, T., Antony, J., Neustock, J., Stemmann, D., Komkowski, T., & Sony, M. (2025). DMAIC 4.0 in Action: introducing MSA 4.0 and Poka Yoke 4.0. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 1–21. <https://doi.org/10.1080/0951192X.2025.2599558>
- Prawira, Y., Ishak, A., & Anizar, A. (2024). A Review of Literature on Lean Manufacturing Tools and Implementation Based on Case Studies. *Jurnal Sistem Teknik Industri*, 26(1), 11–21. <https://doi.org/10.32734/jsti.v26i1.11489>
- Pricilia, C., Salomon, L., & Saryatmo, M. A. (2023). *Quality Improvement of Ceramic Insulator with Six Sigma Method*. <https://doi.org/10.46254/BA06.20230045>
- Reza, J. R. D., García Alcaraz, J. L., Ramírez, C. S., López, J. A. G., Vargas, A. R., & Rodríguez Álvarez, J. L. (2025). Achieving strategic goals by continuous improvement and lean manufacturing implementation: A structural equation model -system dynamics approach. *Sustainable Futures*, 9, 100551. <https://doi.org/10.1016/j.sfr.2025.100551>
- Rifaldi, M., & Sudarwati, W. (2024). *Penerapan Metode Six Sigma dan FMEA Sebagai Usaha untuk Mengurangi Cacat pada Produk Bracket*. <https://doi.org/10.1108/146371506106575>
- Sabillah, A. S. S., Negoro, Y. P., & Hidayat, H. (2024). Analisis Tingkat Kerusakan Kemasan Mie Instan Goreng Menggunakan Metode Six Sigma dan FMEA Pada PT. Karunia Alam Segar. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(2), 1261–1271. <https://doi.org/10.33379/gtech.v8i2.4227>
- Saladin, M., & Suef, M. (2025). Peningkatan Produktivitas dengan Pendekatan Lean Six Sigma dan FMEA pada Industri Sabun Cair. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan (JTMIT)*, 4(3), 920–929.
- Sembiring, M. T., Meliala, A. R. S., & Harahap, M. Z. (2022). *Talenta Conference Series: Energy & Engineering Analisis Permasalahan Menggunakan Cause and Effect Diagram, Fault Tree Analysis dan Afinity Diagram Proses Produksi Stasiun Persiapan Tulangan pada PT. X*. <https://doi.org/10.32734/ee.v5i2.1561>
- Shidarta. (2015). *Bina Nusantara Binus University Business Law People Innovation Excellence*.
- Shingo, S. (1986). *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System*.
- Skotnicki, W., & Jędrzejczyk, D. (2024). Comparative Analysis of Coatings Applied for Anti-Corrosion Protection of Public Transport Vehicles' Structural Parts. *Materials*, 17(15). <https://doi.org/10.3390/ma17153763>
- Subekti, A., Feriaty, S. R., & Maulidani, B. C. (2025). Implementasi Metode Six Sigma DMAIC Pada Proses Penerimaan Barang di Warehouse Incoming PT XYZ. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, 5, 2706–2725.
- Tasyari, A. F., Purwanggono, B., & Hapsari, A. P. (2024). *Perbaikan Sistem Pengendalian Kualitas Produk Saus Botol Plastik untuk Menurunkan Reject Rate dengan Metode DMAIC dan Poka Yoke*. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/ieoj/article/view/49090>
- Umrin, A. Q., & Wahyuni, H. C. (2024). *Analysis Quality Control of Creamer Product Packaging using DMAIC and RCA Methods [Analisa Pengendalian Kualitas Kemasan Produk Krimer Menggunakan Metode DMAIC dan RCA]*. <https://orcid.org/0000-0003-0932-2519>

- Utami, L. R., & Prastawa, H. (2025). *Penerapan Metode DMAIC untuk Meminimalisi Ketidaksesuaian Jumlah Material pada Proses Stock Opname (Studi Kasus : PT Geo Dipa Energi unit Dieng)*. vol. 14, no. 3, Jul. 2025
- Wahyuni, H. C., & Sulistiyowati, W. (2021). *Buku Ajar Pengendalian Kualitas Industri Manufaktur dan Jasa*. <https://doi.org/10.21070/2020/978-623-6833-79-7>
- Wulandari, R., Fahriza, D., & Azizah, N. (2024). *Pengendalian Kualitas Produk Polyester Staple Fibre Menggunakan Metode Six Sigma di PT XYZ*. <http://ejournal.unis.ac.id/index.php/Unistek>
- Zakaria, T., Wirawati, S. M., & Mutawali, M. M. (2022). Usulan Perbaikan Mesin Crusher CDS-V2 dengan Metode FMEA dan Poka Yoke di PT. XYZ. *Jurnal InTent*, 5(2).

LAMPIRAN



Bukti Penelitian



Observasi, wawancara, studi dokumen untuk pengambilan data