

**TUGAS AKHIR - TM184835**

**IMPLEMENTASI KAIZEN DENGAN SIKLUS PLAN-DO-CHECK-ACT (PDCA) UNTUK MENGURANGI CACAT FUNGSI PADA STUDI KASUS INDUSTRI MANUFAKTUR MOBIL**

**Muhammad Daffa Alif Purnama**  
NRP 02111840000110

Dosen Pembimbing  
Ari Kurniawan Putra S.T., M.T.  
NIP 198604012015041001

**Program Studi S-1 Teknik Mesin**  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022



**TUGAS AKHIR - TM184835**

**IMPLEMENTASI KAIZEN DENGAN SIKLUS *PLAN-DO-CHECK-ACT* (PDCA) UNTUK MENGURANGI CACAT FUNGSI PADA STUDI KASUS INDUSTRI MANUFAKTUR MOBIL**

**Muhammad Daffa Alif Purnama  
NRP. 0211184000110**

Dosen Pembimbing  
**Ari Kurniawan Putra S.T., M.T.**  
NIP 198604012015041001

**Program Studi S-1 Teknik Mesin  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022**



**FINAL PROJECT - TM184835**

**IMPLEMENTATION OF KAIZEN WITH PLAN-DO-CHECK-ACT  
(PDCA) CYCLE TO REDUCE FUNCTIONAL DEFECTS IN CASE  
STUDY OF THE CAR MANUFACTURING INDUSTRY**

**Muhammad Daffa Alif Purnama  
NRP. 0211184000110**

Advisor  
**Ari Kurniawan Putra S.T., M.T.**  
NIP 198604012015041001

**Study Program S-1 Mechanical Engineering**  
Department of Mechanical Engineering  
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2022

## LEMBAR PENGESAHAN

### IMPLEMENTASI KAIZEN DENGAN SIKLUS PLAN-DO-CHECKACT (PDCA) UNTUK MENGURANGI CACAT FUNGSI PADA STUDI KASUS INDUSTRI MANUFAKTUR MOBIL

#### TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana pada  
Program Studi S-1 Teknik Mesin  
Departemen Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **Muhammad Daffa Alif Purnama**  
NRP. 02111840000110

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.

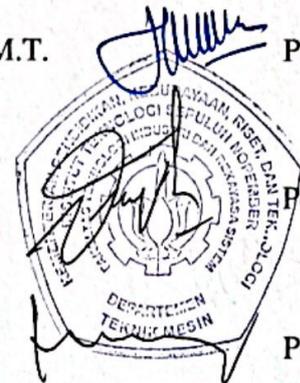
Pembimbing

2. Dinny Harnany, ST., M.Sc.

Penguji

3. Dr. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc.

Penguji



**SURABAYA**  
Juli, 2022

## APPROVAL SHEET

### IMPLEMENTATION OF KAIZEN WITH PLAN-DO-CHECK-ACT (PDCA) CYCLE TO REDUCE FUNCTIONAL DEFECTS IN CASE STUDY OF THE CAR MANUFACTURING INDUSTRY

#### FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements  
for obtaining a Bachelor degree at  
Undergraduate Study Program of Mechanical Engineering  
Department of Mechanical Engineering  
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By: **Muhammad Daffa Alif Purnama**  
NRP. 02111840000110

Approved by Final Project Examiner Team:

1. Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.

2. Dinny Harnany, ST. M.Sc

3. Dr. Ir. Witantyo, M.Eng.Sc



Advisor

Examiner

Examiner

**SURABAYA**  
July, 2022

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Muhammad Daffa Alif Purnama / 02111840000110

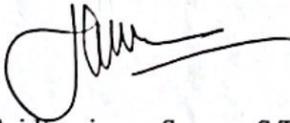
Departemen : Teknik Mesin

Dosen Pembimbing / NIP : Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T. / 19860401201504100

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul "Implementasi Kaizen Dengan Siklus Plan-Do-Check-Act (PDCA) Untuk Mengurangi Cacat Fungsi Pada Studi Kasus Industri Manufaktur" adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Mengetahui  
Dosen Pembimbing

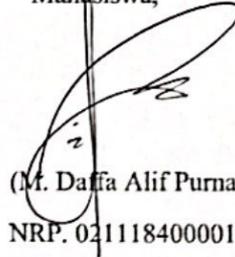


(Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.)

NIP. 198604012015041001

Surabaya, 7 Juli 2022

Mahasiswa,



(M. Daffa Alif Purnama)

NRP. 02111840000110

## STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of Student / NRP : Muhammad Daffa Alif Purnama / 02111840000110  
Departement : Teknik Mesin  
Advisor / NIP : Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T. / 19860401201504100

hereby declare that the Final Project with the title of "Implementation Of Kaizen With Plan-Do-Check-Act (PDCA) Cycle To Reduce Functional Defects In Case Study Of The Car Manufacturing Industry" is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

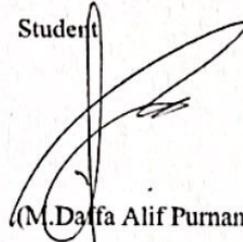
Acknowledged  
Advisor



(Ari Kurniawan Saputra, S.T., M.T.)  
NIP. 198604012015041001

Surabaya, 7 Juli 2022

Student



(M.Daffa Alif Purnama)  
NRP. 02111840000110

**ABSTRAK**  
**IMPLEMENTASI *KAIZEN* DENGAN SIKLUS *PLAN-DO-CHECK-ACT (PDCA)***  
**UNTUK MENGURANGI CACAT FUNGSI PADA STUDI KASUS INDUSTRI**  
**MANUFAKTUR MOBIL**

**Nama Mahasiswa / NRP** : **Muhammad Daffa Alif Purnama / 0211184000110**  
**Departemen** : **Teknik Mesin FTIRS - ITS**  
**Dosen Pembimbing** : **Ari Kurniawan Putra S.T., M.T.**

**Abstrak**

Cacat dianggap sebagai salah satu pemborosan dalam sistem manufaktur yang berdampak negatif mempengaruhi waktu pengiriman, biaya dan kualitas produk yang menyebabkan perusahaan manufaktur menghadapi situasi kritis kualitas. Penelitian ini merupakan studi kasus perusahaan manufaktur kendaraan yang terletak di Karawang, Jawa Barat. Saat ini perusahaan mengalami permasalahan kualitas cacat fungsi yang masih berada diatas target perusahaan. Beberapa cacat dominan pada garis perakitan telah dianalisa terutama cacat penyambungan konektor pada penyambungan *relay* dan *ECU body*. Penelitian ini memaparkan aplikasi studi kasus dari *lean manufacturing* dengan tujuan mengeliminasi cacat penyambungan pada *relay* dan *ECU body*.

Metode yang digunakan untuk menghasilkan perbaikan berkelanjutan atau *kaizen* yaitu siklus *Plan-Do-Check-Act (PDCA)* yang diimplementasikan. Beberapa alat tambahan juga digunakan seperti diagram pareto, dan *root cause analysis* sebagai alat kualitas pembantu untuk mendukung jalan nya siklus. Perbaikan dilakukan dengan cara menggunakan monitor visualisasi matriks, modifikasi perekatan kabel dan *harigami*.

Hasil penerapan siklus *PDCA* menghasilkan penurunan kasus cacat penyambungan *relay* dan penyambungan *ECU body* yang awal mulanya secara berturut-turut terdeteksi sebesar 0,000329 *dpv* dan 0,000158 *dpv* menjadi nol dan tidak terdeteksi kembali dalam satu bulan pemantauan setelah implementasi.

**Kata kunci:** Cacat; Diagram Pareto; *Kaizen*; *Lean Manufacturing*; *Plan-Do-Check-Act (PDCA)*; *Root Cause Analysis*

**ABSTRACT**  
**IMPLEMENTATION OF KAIZEN WITH PLAN-DO-CHECK-ACT (PDCA) CYCLE**  
**TO REDUCE FUNCTIONAL DEFECTS IN CASE STUDY OF THE CAR**  
**MANUFACTURING INDUSTRY**

**Student Name / NRP** : **Muhammad Daffa Alif Purnama / 0211184000110**  
**Department** : **Teknik Mesin FTIRS – ITS**  
**Advisor** : **Ari Kurniawan Putra S.T., M.T.**

**Abstract**

Defects are considered as one of the wastes in the manufacturing system which negatively affects delivery time, cost and product quality which causes manufacturing companies to face quality critical situations. This research is a case study of a vehicle manufacturing company located in Karawang, West Java. Currently the company is experiencing quality problems with functional defects which are still above the company's target. Several dominant defects in the assembly line have been analyzed, especially defects in the connecting of the connectors in the connection of the relay and ECU body. For that reason, this study describes the application of a case study of lean manufacturing with the aim of eliminating the connection defects in the relay and ECU body.

By using a cycle method that can produce continuous improvement or kaizen, namely the Plan-Do-Check-Act cycle that is implemented. Some additional tools are also used such as Pareto diagrams, and root cause analysis are used as auxiliary quality tools to support the course of the cycle. Improvements were made by using a matrix visualization monitor, modification of cable taping and harigami posters.

As a result, cases of defective relay connection and ECU body connection which were initially detected at 0.000329 dpv and 0.000158 dpv respectively became zero and were not detected again within one month of monitoring after implementation.

**Keywords: Defects; Kaizen; Lean Manufacturing ; Pareto Chart; Plan-Do-Check-Act (PDCA); Root Cause Analysis**

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur ditunjukkan kehadirat Allah SWT karena atas karunia dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini. Shalawat dan salam senantiasa terjunjung kepada Nabi Muhammad SAW dan semoga kita semua mendapatkan syafaatnya kelak di hari akhir. Penulis sangat berterimakasih kepada seluruh pihak yang senantiasa membantu penulis baik dalam suka maupun duka dalam menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak, Ibu, Adik dan seluruh keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan baik secara moral maupun material sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini.
2. Bapak Ari Kurniawan Putra S.T., M.T. selaku dosen pembimbing penulis dalam tugas akhir ini yang telah memberikan banyak ilmu, saran, dan pengalaman kepada penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini serta selalu sabar dalam memberikan bimbingan kepada penulis.
3. Bapak Witantyo, Ir. M.Eng., Sc M.Sc., Bapak Ir. Suwarmin, M.T., PhD, dan Ibu Dinny Harnany, ST. MT selaku dosen penguji tugas akhir yang senantiasa memberikan masukan dan saran dalam penyempurnaan tugas akhir ini.
4. Bapak Sutikno, ST. MT. Dr-Eng selaku dosen wali penulis yang membantu proses perkuliahan penulis dari awal kuliah hingga akhir kuliah.
5. Rekan seperbimbingan tugas akhir penulis antara lain Fadel dan Frans yang selalu bersama-sama dalam mengarungi suka dan duka selama proses pengerjaan tugas akhir.
6. Rekan kerja magang bli Kadek selaku teman penulis yang juga memiliki andil dalam selesainya tugas akhir ini.
7. Teman-teman kos keputih antara lain Faiz, Abel, Qadri, Daffa, Ucup yang memberikan berbagai macam bantuan selama penulis mengerjakan tugas akhir di Surabaya.
8. Seluruh civitas akademika departemen Teknik Mesin FTIRS-ITS yang telah banyak memberikan banyak hal selama perkuliahan.
9. Keluarga M61 yang telah banyak memberikan bantuan dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan.
10. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu oleh penulis.

Penulis menyadari dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan masukan sangat penting dalam penyempurnaan penulisan tugas akhir ini. Harapan kedepannya semoga penulisan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat. Aamiin

Surabaya, 07 Juli 2022

**Muhammad Daffa Alif Purnama**

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
APPROVAL SHEET .....	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	v
STATEMENT OF ORIGINALITY.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
KATA PENGANTAR .....	ix
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN .....	14
1.1 Latar Belakang .....	14
1.2 Rumusan Masalah .....	15
1.3 Batasan Masalah.....	15
1.4 Tujuan .....	15
1.5 Manfaat .....	15
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	17
2.1 <i>Lean Manufacturing</i> .....	17
2.1.1 <i>Toyota Production System</i> .....	17
2.1.2 Tujuh Pemborosan .....	17
2.1.3 Elemen-Elemen <i>Lean Manufacturing</i> .....	19
2.2 Siklus <i>PDCA</i> dan Alat Kualitas .....	21
2.2.1 Siklus <i>PDCA</i> .....	21
2.2.2 Diagram <i>Pareto</i> .....	24
2.2.3 <i>Root Cause Analysis (RCA)</i> .....	24
2.3 Konektor Elektrik Otomotif dan Jenis Cacatnya.....	24
2.3.1 Konektor Elektrik Otomotif.....	24
2.3.2 Jenis Cacat Konektor Elektrik .....	25
2.4 Penelitian Terdahulu.....	26
BAB III METODOLOGI .....	28
3.1 Metode Penelitian.....	28
3.2 Rancangan Penelitian.....	28

3.3 Jenis dan Sumber Data.....	29
3.4 Teknik Pengumpulan Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	31
4.1 Hasil Siklus <i>PDCA</i> .....	31
4.1.1 Hasil Tahap Satu " <i>Plan</i> " .....	31
4.1.2 Hasil Tahap Dua " <i>Do</i> " .....	43
4.1.3 Hasil Tahap Tiga " <i>Check</i> " .....	45
4.1.4 Hasil Tahap Empat " <i>Act</i> " .....	46
4.2 Pembahasan.....	47
BAB V Kesimpulan dan Saran.....	48
5.1 Kesimpulan .....	48
5.2 Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA .....	49
LAMPIRAN .....	52
BIODATA PENULIS .....	56

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1</b> Grafik <i>dpv</i> Aktual VS Target.....	14
<b>Gambar 1.2</b> Grafik Persebaran Cacat Berdasarkan Proses Produksi .....	15
<b>Gambar 2.1</b> <i>House of Lean Manufacturing</i> .....	19
<b>Gambar 2.2</b> Empat tahapan siklus PDCA .....	21
<b>Gambar 2.3</b> Tahapan <i>plan</i> .....	22
<b>Gambar 2.4</b> Tahapan <i>do</i> .....	22
<b>Gambar 2.5</b> Tahapan <i>check</i> .....	23
<b>Gambar 2.6</b> Tahapan <i>act</i> .....	23
<b>Gambar 2.7</b> Contoh konektor elektrik pada line perakitan.....	25
<b>Gambar 2.8</b> Contoh cacat konektor <i>unconnect</i> .....	25
<b>Gambar 2.9</b> Contoh cacat konektor <i>halflock</i> .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	29
<b>Gambar 4.1</b> (a) dan (b) Diagram Pareto Cacat pada berturut-turut pada fungsi A dan B pada Periode Januari-April 2022 .....	31
<b>Gambar 4.2</b> Diagram Pareto Lokasi Garis Perakitan Cacat <i>Unconnect/Halflock</i> Terjadi .....	32
<b>Gambar 4.3</b> Diagram Pareto Pos Kerja pada <i>Line Trimming 2</i> Terjadinya Cacat <i>Unconnect/Halflock</i> .....	32
<b>Gambar 4.4</b> Pos Kerja Pareto Terjadiannya Cacat <i>Unconnect/Halflock</i> pada line trimming 2 .....	33
<b>Gambar 4.5</b> <i>Relay ignition</i> No.2 tidak tersambung.....	34
<b>Gambar 4.6</b> Analisa Waktu Siklus VS <i>Takt time</i> .....	35
<b>Gambar 4.7</b> Kode <i>Relay</i> pada Harigami .....	36
<b>Gambar 4.8</b> Kode <i>Relay</i> pada Poster Matriks.....	36
<b>Gambar 4.9</b> Tipe Susunan Matrix Penyambungan <i>Relay</i> Mencapai 30 Jenis .....	37
<b>Gambar 4.10</b> Posisi Poster Matriks <i>Relay</i> Yang Terlihat Dan Tidak Terlihat Pada Area Kerja .....	37
<b>Gambar 4.11</b> Posisi Pekerja Sulit Melihat Matriks.....	38
<b>Gambar 4.12</b> Gambar Matriks Tidak Jelas .....	38
<b>Gambar 4.13</b> Analisa <i>Root Cause</i> Penyambungan <i>Relay</i> .....	39
<b>Gambar 4.14</b> Cacat Penyambungan konektor <i>ECU body</i> upper yang tidak tersambung.....	39
<b>Gambar 4.15</b> Waktu Siklus Aktual VS <i>Takt time</i> .....	40
<b>Gambar 4.16</b> Kode <i>ECU body</i> Pada Harigami .....	41
<b>Gambar 4.17</b> Konektor <i>Upper</i> Tersembunyi .....	42
<b>Gambar 4.18</b> (a) dan (b) secara berturut-turut menunjukkan tampak samping dan depan dari <i>ECU body</i> Satu Konektor dan Dua Konektor .....	42
<b>Gambar 4.19</b> Analisa <i>Root Cause</i> Cacat Penyambungan <i>ECU body</i> .....	43
<b>Gambar 4.20</b> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Pemasangan <i>Relay</i> .....	44
<b>Gambar 4.21</b> Kabel Konektor <i>Male</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan .....	44
<b>Gambar 4.22</b> <i>Harigami</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan.....	45
<b>Gambar 4.23</b> Riwayat Kasus Cacat Penyambungan <i>Relay</i> Sebelum dan Sesudah Implementasi .....	45
<b>Gambar 4.24</b> Riwayat Kasus Cacat Penyambungan <i>ECU body</i> Sebelum dan Sesudah Implementasi .....	45

## DAFTAR TABEL

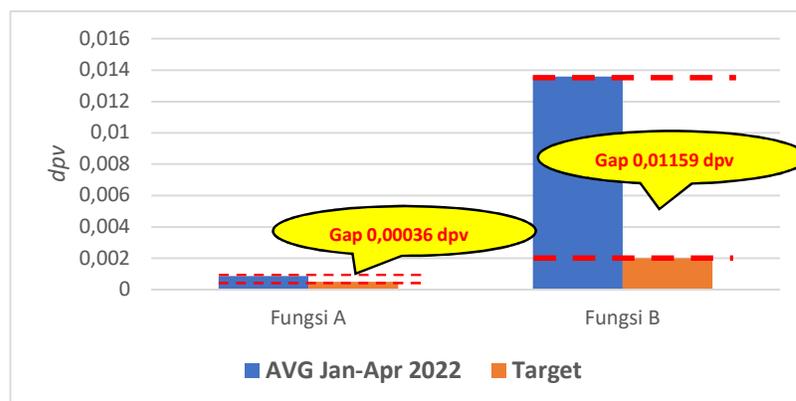
<b>Tabel 4.1</b> TSKK Penyambungan Relay pada Pos <i>IP Wire</i> .....	34
<b>Tabel 4.2</b> Hasil Wawancara Pekerja .....	35
<b>Tabel 4.3</b> TSKK Penyambungan <i>ECU body</i> pada <i>Pos IP Steering</i> .....	40
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Wawancara Pekerja .....	41
<b>Tabel 4.5</b> Jadwal Pekerjaan Perbaikan .....	43
<b>Tabel 4.6</b> TSKK Baru Penyambungan Relay .....	46
<b>Tabel 4.7</b> TSKK Baru Penyambungan ECU Body .....	46

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

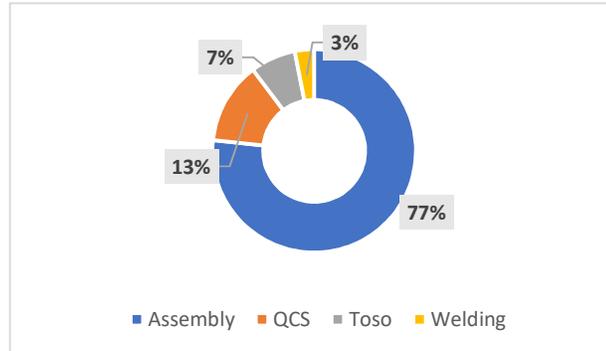
*Lean manufacturing* adalah filosofi yang diterapkan pada sistem produksi (Sundar et al., 2014). Filosofi ini dikembangkan dalam Sistem Produksi Toyota dan dengan cepat diterapkan di industri manufaktur di seluruh dunia (Botti et al., 2017). Menurut Botti dkk, kelebihan utama dari *lean manufacturing* meliputi praktik *just-in-time*, *work-in-progress*, pengurangan pemborosan, strategi perbaikan, produksi bebas cacat, dan standarisasi kerja. Tujuan utama *lean manufacturing* adalah meningkatkan keuntungan perusahaan dan menambah nilai dengan menghilangkan pemborosan, dengan alasan inilah ketika perusahaan berusaha meningkatkan efektivitas dan efisiensi proses produksi dengan menerapkan *lean manufacturing* (Marodin et al., 2018). Berbagai literatur menyebutkan bahwa dalam industri manufaktur mereka diklasifikasikan ke dalam tujuh kategori: kelebihan produksi, persediaan, transportasi, waktu tunggu, pergerakan, pemrosesan berlebih, dan cacat (Jadhav et al., 2008). Semua pemborosan ini secara negatif mempengaruhi waktu pengiriman, biaya, dan kualitas produk (Walder et al., 2007). Dalam kasus cacat tertentu, beberapa penulis menunjukkan bahwa cacat adalah penyebab utama kerusakan pada komponen yang lebih kompleks (Zhou & Gosling, 2018). Perusahaan manufaktur mengubah bahan baku atau komponen yang mereka terima dari penyedia, merakitnya untuk mendapatkan produk jadi, yang harus dikirimkan ke pelanggan tepat waktu dan tanpa cacat (Guiras et al., 2018). Produk dan komponen yang cacat masih menjadi situasi kritis yang dihadapi perusahaan dalam industri manufaktur. Cacat produk ini tetap dapat terjadi bahkan setelah pemilihan yang tepat dalam desain, bahan, dan proses pembuatan produk

Studi kasus ini dilakukan di industri manufaktur kendaraan yang berada di Karawang, Indonesia. Perusahaan mengalami permasalahan kualitas cacat fungsi A dan fungsi B yang nilai aktualnya masih berada di atas target perusahaan. Cacat fungsi A merupakan cacat yang berhubungan langsung dengan keselamatan penumpang, sedangkan cacat fungsi B merupakan cacat yang bisa menyebabkan malfungsi fitur mobil dan tidak berhubungan langsung dengan keselamatan penumpang. Indikator kualitas di representasikan *dpv* (*Defect per Vehicle*) yang mengukur jumlah cacat rata-rata pada setiap unit. Grafik pada gambar 1.1 menunjukkan *dpv* dari cacat fungsi A dan cacat fungsi B yang didapatkan pada periode waktu lalu dan target yang diinginkan perusahaan.



Gambar 1.1 Grafik *dpv* Aktual VS Target

Berdasarkan data pada grafik diatas dilihat dari grafik diatas, *dpv* aktual saat ini masih berada diatas target perusahaan, dengan selisih *dpv* aktual dengan target sebesar 0,00036 *dpv* untuk fungsi A dan 0,01159 *dpv* untuk untuk fungsi B. Gambar 1.2 ini menunjukkan data persebaran cacat berdasarkan proses produksi selama Januari sampai dengan April 2022.



**Gambar 1.2** Grafik Persebaran Cacat Berdasarkan Proses Produksi

Terdapat empat kategori proses berdasarkan tempat kerjanya yaitu *welding*, *toso (painting)*, *QCS*, dan *assembly*. Proses *assembly* atau perakitan memegang presentase terbesar yaitu 77% dari seluruh cacat yang ada.

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengurangi cacat fungsi pada proses perakitan tersebut. Memanfaatkan siklus (*Plan-do-check-act*) sebagai siklus perbaikan berkelanjutan dan beberapa teknik atau alat yang digunakan untuk melakukan perbaikan seperti diagram *pareto*, dan *rootcause analysis*.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan siklus PDCA untuk mengurangi cacat fungsi pada proses perakitan manufaktur?

### 1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

1. Data Cacat yang diambil adalah data kerusakan selama periode Januari 2022 sampai dengan April 2022.
2. Penelitian berfokus kepada cacat penyambungan di garis perakitan dalam Kawasan pabrik.
3. Data wawancara dilakukan kepada pekerja berpengalaman dalam kawasan pabrik.

### 1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mengaplikasikan tujuan dari siklus *PDCA* yaitu untuk mengeliminasi cacat fungsi penyambungan *relay* dan *ECU body* pada proses perakitan manufaktur.

### 1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu:

1. Bagi penulis adalah sebagai sarana untuk penerapan keilmuan yang telah di dapatkan selama perkuliahan di Departemen Teknik Mesin FTI-RS ITS.

2. Bermanfaat sebagai pemecahan dan penyelesaian masalah cacat fungsi pada garis perakitan manufaktur.
3. Dapat digunakan sebagai acuan melakukan perbaikan dengan mengimplementasikan siklus *PDCA* pada kasus lain.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Lean Manufacturing*

Konsep *lean* sebagian besar berevolusi dari industri manufaktur Jepang terutama dari Toyota. Sehubungan dengan itu, untuk mengeksplorasi lebih jauh tentang *Lean Manufacturing*, penulis akan menjelaskan melalui *TPS (Toyota Production System)* karena sistem ini merupakan sistem yang telah terdokumentasi dengan baik dan telah terbukti dalam waktu yang sangat lama. Hal ini membuktikan *TPS* sebagai contoh *lean* yang dieksekusi dengan sangat baik (Lonnie, 2010).

#### 2.1.1 *Toyota Production System*

Konsep *jidoka*, bagian tertua dari *TPS*, pertama kali digagas oleh pendiri Toyota, Sakichi Toyoda pada tahun 1902. Gagasan ini erat kaitannya dengan peningkatan kualitas di proses produksi serta memungkinkannya pemisahan antara pekerja dan juga mesin. Asal usul gagasan ini dimulai dari perusahaan Toyota yang merupakan perusahaan kain tenun, saat itu Sakichi Toyoda membuat mesin tenun yang dapat otomatis berhenti setiap kali benang tenun nya putus. Hal ini dapat menghentikan proses ketika produk cacat terjadi. Lalu pada tahun 1924 beliau membuat alat tenun otomatis yang memungkinkan untuk melakukan banyak mesin produksi yang hanya dikendalikan oleh satu orang saja. Paten ini kemudian dijual ke Platt Brothers Ltd. di Inggris kemudian sebagian hasil uangnya digunakan untuk memulai bisnis otomotif yang pada tahun 1937 dipimpin oleh putranya yaitu Kiichiro Toyoda (Ohno & Bodek, 2019).

Elemen *TPS* yang paling terkenal adalah *Just-In-Time (JIT)*. Elemen ini digagas oleh Kiichiro Toyoda pada tahun 1937 ketika dimulainya *Toyota Motor Corporation*. Pada awalnya perusahaan ini tidak mempunyai sumber modal yang banyak dan tidak mampu untuk mengalokasikan uangnya untuk pemborosan material berlebih pada proses produksinya. Seiring berjalannya waktu semakin banyak gagasan-gagasan yang muncul seperti *takt time*, *standardized work*, *kanban*, *supermarkets* yang menjadi dasar-dasar dari *JIT*. (Ohno & Bodek, 2019).

Setelah perang dunia kedua berakhir, Taiichi Ohno seorang insinyur berkompeten yang awalnya berada pada perusahaan kain tenun dibawa ke bisnis otomotif. Beliau diberi tugas untuk meningkatkan produktifitas dan memimpin jalannya konsep *JIT* dan *Jidouka*. Kesuksesan beliau membuatnya diangkat sebagai manajer pabrik pembuatan mesin yang memungkinkannya untuk melakukan berbagai eksperimen produksi selama periode tahun 1945-1955. Usaha beliau inilah yang menghasilkan rumusan *TPS*. Tulisannya yang paling terkenal tercatat dalam bukunya yaitu “The Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production”, pada bukunya Ohno membuat tiga pernyataan kunci yaitu :

1. Dasar sistem produksi Toyota adalah penghapusan mutlak dari pemborosan.
2. Pengurangan biaya adalah tujuannya.
3. Setelah Perang Dunia II, perhatian utama kami adalah bagaimana menghasilkan barang-barang berkualitas tinggi. Namun, setelah tahun 1955, pertanyaannya berubah menjadi bagaimana membuat jumlah yang tepat diperlukan.

Berdasarkan pernyataannya tersebut, dapat disimpulkan bahwa *TPS* adalah sistem produksi yang merupakan sistem pengendalian kuantitas, berdasarkan landasan kualitas, yang tujuannya adalah pengurangan biaya, dan cara untuk mengurangi biaya adalah penghapusan pemborosan secara mutlak (Lonnie, 2010)

#### 2.1.2 Tujuh Pemborosan

*Lean manufacturing* mengenal tujuh pemborosan yang telah terbukti efektif untuk tetap menekan biaya produksi dan menjaga keuntungan dari pabrik. Sistem ini mengalokasikan

tempat untuk pemborosan dan mengeliminasinya. Dalam *lean manufacturing*, pemborosan tidak pernah memberi nilai tambah pada suatu barang, hanya menambah biaya beban produksi. Berikut adalah tujuh pemborosan dalam sudut pandang *lean manufacturing* (Monden, 2011).

### 1. *Correction/Scrap*

Pemborosan dari *correction/scrap* atau yang biasa disebut dengan produk yang cacat disebabkan oleh buruknya kualitas internal. Produk cacat ini memerlukan perbaikan yang implikasinya adalah membutuhkan biaya lebih untuk *manpower*, material, fasilitas, dan lain-lain.

Contoh pemborosan jenis ini adalah :

- 1) Pemborosan untuk perlakuan khusus
- 2) Pemborosan untuk penambahan jam kerja
- 3) Resiko cacat yang lebih jauh akibat perlakuan khusus tambahan
- 4) Resiko memberikan pelanggan produk cacat

Peningkatan kualitas internal akan mempunyai implikasi yang signifikan terhadap bisnis.

### 2. *Over-Production*

Terdapat dua tipe pemborosan yang berhubungan dengan kelebihan produksi, yaitu memproduksi terlalu banyak dan memproduksi terlalu dini. Kelebihan produksi akan mengundang lebih banyak pemborosan karena jenis ini menyembunyikan banyak permasalahan pada penyimpanannya, Contoh dari pemborosan jenis ini adalah :

- 1) Kebutuhan akan bahan dan suku cadang tambahan
- 2) Peningkatan kebutuhan wadah seperti palet dan skid
- 3) Peningkatan kebutuhan kendaraan pemindah seperti truk dan *forklift*
- 4) Peningkatan stok membutuhkan pekerja untuk mengontrol stok
- 5) Penurunan mutu selama proses penyimpanan
- 6) Peningkatan ruang penyimpanan seperti gudang

### 3. *Waiting*

Waktu adalah sumber daya yang terbatas. Dalam dunia manufaktur waktu adalah uang. Setiap proses menunggu karena kerusakan, pergantian, penundaan, tata letak yang buruk atau urutan kerja perlu dihilangkan. Perawatan preventif yang menyeluruh dan cepat perubahan sangat penting untuk daya saing global. Mengurangi waktu siklus dengan menghilangkan menunggu dalam urutan kerja juga dapat memiliki efek mendalam pada produktivitas.

### 4. *Conveyance*

Tata letak dan desain fasilitas yang tidak efisien mengakibatkan pengiriman suku cadang, material, dan orang lebih diperlukan. Material harus berpindah dari satu sel atau posisi ke posisi berikutnya secepat mungkin tanpa berhenti di tempat penyimpanan perantara mana pun. Area pengiriman harus dekat dengan akhir proses. Tim kerja dan unit pendukung harus ditempatkan berdekatan.

### 5. *Processing*

Pemrosesan yang berlebihan sama borosnya dengan pemrosesan yang tidak mencukupi. Pemborosan pada proses merupakan proses kerja yang tidak menghasilkan nilai tambah,

maka dari itu setiap proses kerja perlu diidentifikasi pemborosannya. Jenis pemborosan ini dapat disebabkan oleh proses pekerja maupun mesin.

### 6. Inventory

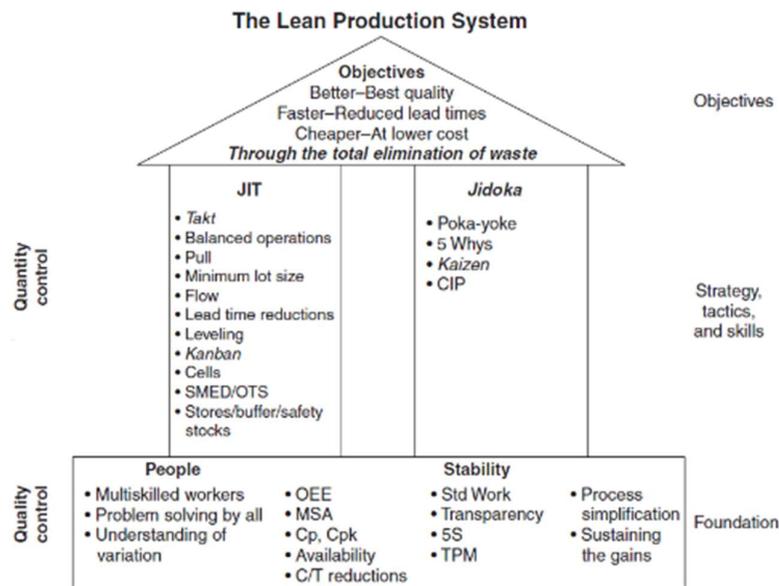
Usaha mencegah inventaris yang tidak perlu sangat penting untuk keberhasilan *TPS*. Aliran kerja yang lancar dan berkesinambungan melalui setiap proses memastikan bahwa jumlah persediaan yang berlebihan dapat diminimalkan. *Inventory* dapat berupa aset seperti uang tunai dan jumlah pabrik. Persediaan seringkali membutuhkan penanganan tambahan yang membutuhkan tenaga dan peralatan tambahan.

### 7. Motion

Gerakan yang sia-sia menghabiskan waktu dan energi. Idealnya semua gerakan atau tindakan yang tidak perlu harus dihilangkan dari proses kerja. Banyak dari gerakan yang sia-sia ini sering diabaikan karena memiliki menjadi bagian dari proses tersebut. Proses kerja harus dirancang sedemikian rupa sehingga item diposisikan berdekatan satu sama lain. Jumlah putaran, pengangkatan, dan jangkauan yang tidak perlu harus dihilangkan. Peningkatan menghilangkan gerakan yang terbuang sering kali memiliki manfaat ergonomis.

#### 2.1.3 Elemen-Elemen *Lean Manufacturing*

Gambar 2.1 merupakan bagan rumah dari *lean manufacturing*. Beberapa dari elemen ini yang berhubungan langsung dengan penelitian akan dibahas dalam tinjauan pustaka kali ini.



Sumber : *How to Implement Lean Manufacturing*

**Gambar 2.1** House of *Lean Manufacturing*

#### 2.1.3.1 *Takt time*

*Takt time* mengacu pada waktu frekuensi suatu bagian atau komponen harus diproduksi untuk memenuhi permintaan pelanggan. *Takt time* tergantung pada permintaan produksi bulanan, jika permintaan meningkat maka *takt time* menurun, sebaliknya jika permintaan menurun maka *takt time meingkat*. Rahani menyarankan pentingnya mengukur *takt time* karena biaya dan faktor inefisiensi dalam memproduksi permintaan, yang meliputi penyimpanan dan

pengambilan barang jadi, pembelian bahan mentah sebelum waktunya, pengeluaran prematur untuk upah, biaya dari kesempatan yang hilang untuk memproduksi barang lain, dan biaya modal untuk kelebihan kapasitas (Rahani & Al-Ashraf, 2012).

#### 2.1.3.2 *Bottleneck Process*

Proses bottleneck diidentifikasi dengan menentukan waktu siklus maksimum di pos kerja, jika waktu siklus  $< takt\ time$ , maka permintaan pelanggan terpenuhi, namun apabila waktu siklus  $> takt\ time$  maka permintaan pelanggan tidak terpenuhi dan disinilah proses *bottleneck* terjadi (Rahani & Al-Ashraf, 2012).

#### 2.1.3.3 *Poka Yoke*

*Fooling proof* atau dalam istilah jepang disebut *poka yoke* digabungkan dengan lini produksi untuk mencegah atau mendeteksi terjadinya kesalahan. Apabila terdeteksi suatu permasalahan maka lini produksi harus dihentikan sampai penyebabnya dihilangkan. Dalam hal demikian jaringan produksi juga dilengkapi dengan Autonomation/Jidoka (otomatisasi dengan sentuhan manusia) yang memiliki kemampuan untuk menghentikan lini produksi saat permasalahan kualitas terjadi. Masalah kualitas ini bisa mencakup kesalahan manusia dalam pemasangan, pembongkaran dan pengaturan. Sistem ini dibuat untuk mencegah permasalahan kualitas untuk jumlah produk yang lebih banyak lagi. Untuk mencapai tingkat kualitas tertinggi, proses pengaturan, pemasangan, dan pembongkaran harus menggunakan sistem *poka yoke*. Penerapan *poka yoke* meningkatkan standar kualitas dan mengurangi waktu inspeksi (Hinckley, 2007).

#### 2.1.3.4 *Continues Improvement (CI)/Kaizen*

*Continuous Improvement* atau perbaikan berkelanjutan atau bisa disebut *kaizen* adalah filosofi yang digambarkan secara sederhana sebagai inisiatif perbaikan yang meningkatkan keberhasilan dan mengurangi kegagalan. Perbaikan Berkelanjutan adalah elemen yang digerakkan oleh manajemen yang mengupayakan perubahan budaya di tempat kerja. Apabila stabilitas proses telah ditetapkan, alat dari elemen *CI* diperlukan untuk menentukan akar penyebab dari inefisiensi dan menerapkan penanggulangan yang efektif untuk mengurangi inefisiensi tersebut. Mekanisme *CI* meliputi masalah pelatihan, pemecahan masalah proses, alat pelatihan *CI* dan teknik, pengembangan manajemen ide dan pengembangan sistem penghargaan dan pengakuan (Bhuiyan & Baghel, 2005).

#### 2.1.3.5 Standar Kerja

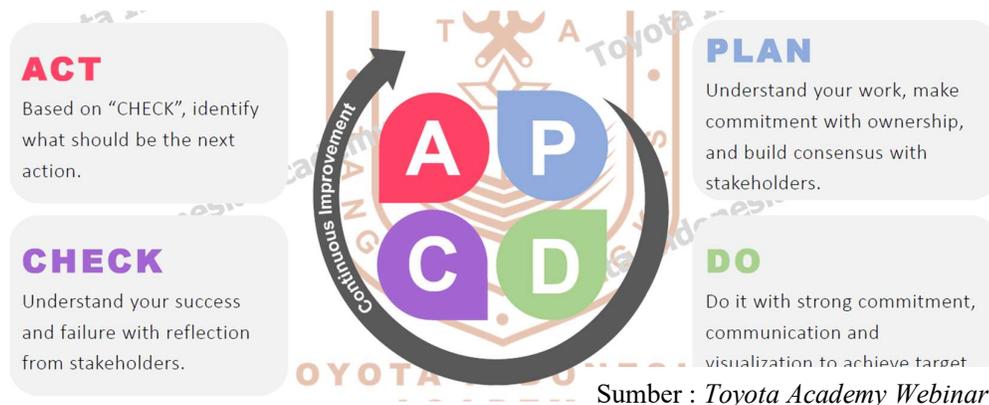
Standar kerja mengacu pada metode yang paling aman dan paling efektif untuk melakukan pekerjaan dalam waktu yang dapat diulang sesingkat-singkatnya sehingga pemanfaatan sumber daya seperti orang, mesin, dan material menjadi efektif. Standardisasi Kerja dapat digambarkan sebagai seperangkat alat analisis yang menghasilkan seperangkat Prosedur Operasi Standar (SOP). SOP berisi proses kerja operator seperti langkah-langkah proses, urutan kerja, waktu siklus, pekerjaan dalam proses, kontrol proses, dll., SOP mewakili pemikiran terbaik tentang bagaimana melakukan pekerjaan tertentu dalam waktu target. Penetapan standarisasi pekerjaan memungkinkan untuk mengontrol dan meningkatkan desain kerja yang berhubungan dengan permintaan untuk memperlambat ataupun mempercepat proses kerja. Pekerjaan Standar membantu dalam mengatur ulang pekerjaan sehubungan dengan fluktuasi *takt time*; dengan peningkatan permintaan, perusahaan dapat menambah pekerja secara bertahap. Jika permintaan menurun, perusahaan dapat secara bertahap menghapus pekerja dari jalur perakitan. Monden pada tahun 1983 memperkenalkan Tabel Standar Kerja (TSK), Tabel Standar Kerja Kombinasi (TSKK) yang berguna untuk menganalisis dan meningkatkan pekerjaan standar. TSK Memvisualisasikan pergerakan operator dan lokasi material dalam kaitannya dengan alat berat dan secara keseluruhan tata letak proses dan TSKK memvisualisasikan kombinasi waktu kerja

manual, waktu berjalan, dan waktu pemrosesan mesin untuk setiap operasi dalam urutan produksi (Berger, 1997).

## 2.2 Siklus PDCA dan Alat Kualitas

### 2.2.1 Siklus PDCA

Siklus PDCA atau juga biasa dikenal dengan siklus Deming (Strotmann et al., 2017), adalah salah satu metode yang ditawarkan TPS yang pertama kali digagas pada tahun 1930, pada saat itu metode ini sangat dikenal sebagai *quality management system* yang berfokus pada peningkatan daya saing pasar global. (Silva et al., 2017). Berdasarkan artikel yang ditulis oleh beberapa penulis sebelumnya, penggagas pertama dari siklus PDCA adalah Walter A. Shewart (Sangpikul, 2017). Selanjutnya pada tahun 1950, Williard Edward Deming mengembangkan gagasan ini dan gagasannya menjadi salah satu metode yang paling terkenal dan terbanyak diaplikasikan di dunia. Pada awalnya siklus ini dipakai sebagai alat untuk mengontrol kualitas dari sebuah produk (Silva et al., 2017). Dalam waktu singkat alat ini disorot sebagai metode yang memungkinkan untuk melakukan pengembangan perbaikan dalam berbagai tingkatan organisasi (Maruta, 2012). Siklus PDCA dikenal sebagai siklus yang memiliki pendekatan perbaikan terus menerus (Sousa et al., 2016), dan juga dikenal sebagai program logis yang memadai untuk meningkatkan nilai sebuah aktivitas (Sangpikul, 2017). Gambar 2.2 menunjukkan langkah-langkah PDCA secara singkat.



**Gambar 2.2** Empat tahapan siklus PDCA

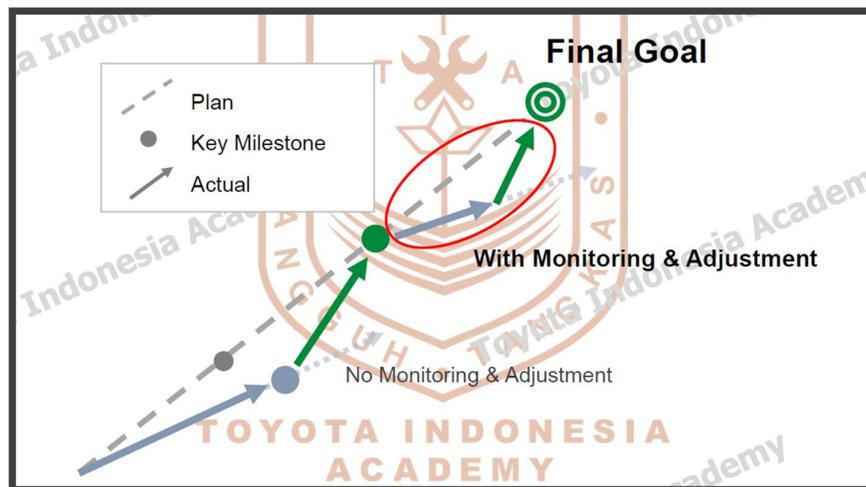
1. *Plan*: Tahap ini meliputi kegiatan penentuan tujuan kerja, analisa kondisi saat ini dan target kondisi ideal, penentuan target, dan pembuatan rancangan pekerjaan. Pada tahap ini juga kemungkinan untuk melakukan improvisasi sudah terlihat sehingga dapat menentukan langkah prioritas selanjutnya.. Gambar 2.3 menunjukkan hal-hal yang harus dilakukan saat tahap perencanaan.



Sumber : Toyota Academy Webinar

**Gambar 2.3** Tahapan *plan*

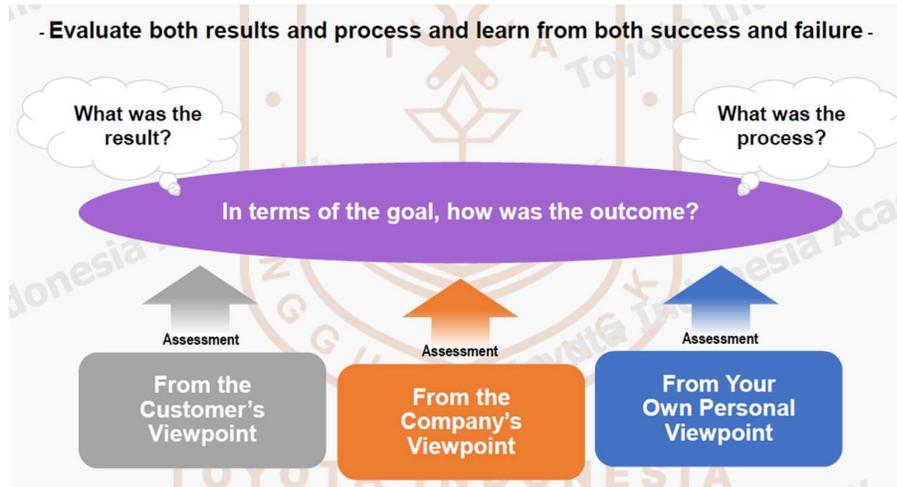
2. *Do* ; Tahap ini mencakup pengimplementasian rencana pelaksanaan yang telah dibuat, proses pemantauan hasil kerja, dan penyesuaian terhadap permasalahan untuk mencapai target. Gambar 2.4 merupakan ilustrasi dari bagaimana cara tahapan “do” berjalan.



Sumber : Toyota Academy Webinar

**Gambar 2.4** Tahapan *do*

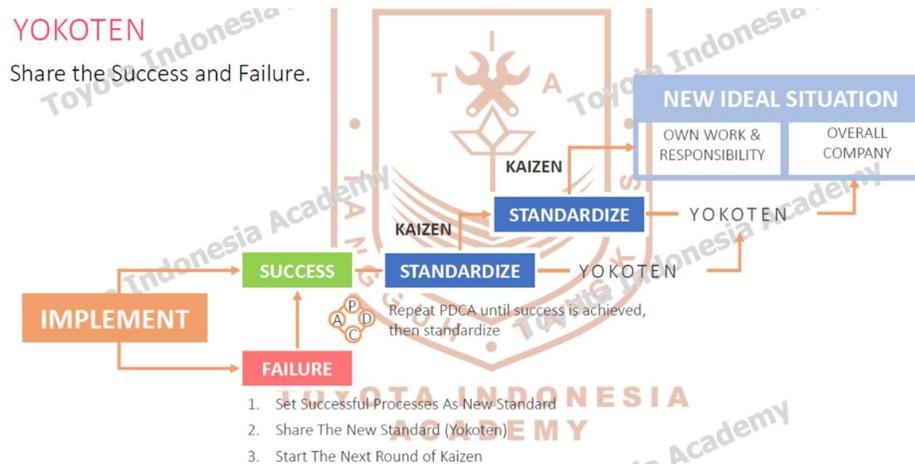
3. *Check* : Proses pengecekan meliputi evaluasi hasil dan proses kerja dari berbagai perspektif. Setelah mengidentifikasi penyebab kesuksesan ataupun kegagalan dalam proses kerja, dilakukan pelaporan hasil pada pihak yang berkaitan sesuai pada gambar 2.5.



Sumber : Toyota Academy Webinar

**Gambar 2.5** Tahapan *check*

4. *Act* : Langkah terakhir yang harus dilakukan adalah menyelesaikan masalah atau membuat *countermeasure* apabila pekerjaan tidak mencapai target, apabila pekerjaan sudah mencapai target maka *kaizen* telah berhasil diciptakan dan diharuskan membuat standar baru yang mana semua orang bisa melakukannya dengan hasil yang sama tanpa melakukan *muda.mura,muri* seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Standar baru bisa berupa buku manual, *forms*, *checklist*, maupun diagram alur. Kemudian memulai memulai babak baru dari *kaizen* kembali.



Sumber : Toyota Academy Webinar

**Gambar 2.6** Tahapan *act*

Agar proses eksekusi langkah-langkah ini dapat berjalan secara efektif, alat kualitas lain mungkin diperlukan. Alat ini digunakan untuk menganalisa masalah dan juga menentukan Tindakan yang tepat untuk dilakukan (Silva et al., 2017). Beberapa alat kualitas yang sering dipakai antara lain 5S, FMEA, 5W1H atau 5W2H, *bechmarking*, *SPC* (*Statistical Process Control*), *diagram Ishikawa* dan *diagram pareto*, *QFD* (*Quality Function Deployment*, *diagram alur*, *histogram*, *SMED* (*Six Minute Exchange*). *Poka Yoke*, *Six Sigma*. Dalam

penelitian ini akan digunakan diagram alur, diagram *ishikawawa* dan *pareto* dan *RCA (Root Cause Analysis)*.

### 2.2.2 Diagram Pareto

Diagram *pareto* merupakan diagram batang khusus yang setiap batangnya merepresentasikan berbagai kategori dari permasalahan. Pertama kali digunakan oleh ilmuwan dari Italia bernama Wilfredo Pareto yang menemukan bahwa 80% kekayaan yang ada di Italia hanya dimiliki oleh 20% orang di Italia. Tipe diagram ini memperlihatkan persebaran frekuensi dari data yang telah dikategorikan. Kategori diletakkan pada garis horizontal dan frekuensi pada garis vertikal (Beheshti et al., 2018). Data kategori haruslah diurutkan dari yang paling besar ke yang paling kecil yang disusun dari kiri ke kanan. Ada juga garis kumulatif yang merepresentasikan kumulatif presentase frekuensi dari setiap kategori. Diagram *pareto* membantu mengidentifikasi seberapa berpengaruhnya masalah tersebut dibandingkan masalah-masalah lain, sehingga membantu dalam menentukan kesempatan terbaik untuk melakukan perbaikan (Webber & Wallace, 2011). Beberapa keuntungan dari diagram *pareto* adalah sebagai berikut :

1. Diagram ini mengurai masalah kedalam berbagai kategori atau faktor.
2. Mampu mengidentifikasi kategori yang memberikan kontribusi terbesar dalam suatu masalah, sehingga bisa dibuat prioritas untuk menyelesaikan masalah *vital* terlebih dahulu, baru masalah-masalah lainnya.
3. Mampu menentukan dimana fokus kerja harus diberikan

### 2.2.3 Root Cause Analysis (RCA)

Secara sederhana *RCA* adalah alat yang didesain untuk membantu mengidentifikasi bukan hanya apa dan Mengapa sesuatu bisa terjadi, namun juga mengapa hal itu bisa terjadi. Dengan menggunakan alat ini seorang investigator bisa menentukan penyebab dasar mengapa suatu peristiwa bisa terjadi dan dapat menentukan tindakan korektif yang bisa dilakukan untuk mencegah hal itu bisa terjadi dikemudian waktu. Identifikasi akar masalah merupakan kunci untuk mencegah hal yang serupa akan terjadi kembali. (Rooney & vanden Heuvel, 2004). Melakukan *RCA* untuk masalah kualitas sangat penting dalam tahap perencanaan saat siklus *PDCA*. *RCA* memberikan gambaran permasalahan dasar sebenarnya dan membantu menelusuri masalah dibandingkan dengan melihat penyebab langsung dari sebuah permasalahan.

Alat *RCA* digunakan dalam *quality circle* untuk menggali permasalahan lebih dalam. Alat yang paling umum digunakan adalah *Fishbone Diagram* dan *5 Whys*. Kedua alat tersebut mengharuskan penggunaannya untuk menggunakan pola pikir seperti seorang anak berumur lima tahun yang banyak mencari hal baru dengan pertanyaan mengapa. Perbedaan seorang anak lima tahun dengan seorang analis profesional adalah kebijaksanaan kumulatif untuk membatasi pertanyaan mengapa ketika telah mencapai akar permasalahan dan mulai melakukan penyelesaian.

*5 Whys* digunakan untuk memecah permasalahan linier menjadi akar penyebabnya dengan menanyakan mengapa hal itu terjadi beberapa kali, biasanya 5 kali, atau umumnya antara 4 sampai 6 kali. Diagram *Fishbone*, di sisi lain, merupakan alat yang membantu mengurai masalah multi-faktorial ke akar penyebabnya. Pertama, mengidentifikasi kategori penyebab, dan kemudian menanyakan "mengapa" beberapa kali untuk masing-masing kategori tersebut, sambil menuliskannya menggunakan diagram *fishbone* (Parchami Jalal et al., 2019).

## 2.3 Konektor Elektrik Otomotif dan Jenis Cacatnya

### 2.3.1 Konektor Elektrik Otomotif

Kabel elektrik dihubungkan Bersama melalui konektor *male* dan *female*. Penyambungan ini terkadang melibatkan tenaga yang besar dan juga posisi postur tubuh yang tidak netral (Potvin

et al., 2006). Konektor elektrik mengasilkan umpan balik aural seperti bunyi “klik” ketika sambungan itu telah sepenuhnya berhasil terhubung dan sekaligus terkunci (Liu & Lipták, 1997). Pemasangan seluruh konektor elektrik umumnya mempunyai *keypoint* atau poin penting yang harus diikuti ketika melakukan penyambungan yaitu tekan sekali untuk memasukan kemudian tekan dua kali hingga suara dan getaran mengunci “klik” terdengar, dan dilarang menyentuh area *lock* ketika proses penyambungan karena rawan terjadi *halflock* dan suara/getaran “klik” menjadi saru (Joko, 2022). Gambar 2.7 menunjukan beberapa contoh konektor elektrik pada saat proses perakitan.



**Gambar 2.7** Contoh konektor elektrik pada line perakitan

### 2.3.2 Jenis Cacat Konektor Elektrik

Jenis cacat konektor yang pertama adalah cacat *unconnect*. Pada cacat ini sepasang konektor yang seharusnya disambungkan tetapi tidak disambungkan sama sekali oleh operator yang bekerja. Hal ini mengakibatkan adanya cacat fungsi yang terjadi karena sambungan tidak bisa menghantarkan daya atau mengirim dan menerima sinyal elektrik pada komponen tertentu. Pencarian lokasi cacat pada jenis cacat ini tergolong sulit dan lama karena orang dari pihak investigasi hanya diberi tanda bahwa ada fungsi yang abnormal sehingga harus ditelusik setiap jalur kabel dan komponennya apakah bekerja dengan baik atau tidak (Deni, 2022). Gambar 2.8 menunjukan beberapa contoh cacat *unconnect*.



**Gambar 2.8** Contoh cacat konektor *unconnect*

Jenis cacat konektor elektrik kedua adalah *halflock* yang artinya setengah mengunci. Jenis cacat ini lebih berbahaya dari *unlock* karena secara visual kondisi *halflock* sekilas terlihat tersambung, namun jika dilihat seksama akan terlihat abnormalitas dari panjang konektor maupun dari area lock yang tidak mengunci sempurna. Oleh karena itu, terjadi *halflock* maka sistem fungsi yang dilalui melalui konektor tersebut tidak akan berfungsi sehingga akan mengakibatkan cacat fungsi pada kendaraan. Lebih berbahaya lagi ketika terjadi kondisi *halflock* namun secara elektrik jaringannya tersambung, sehingga tidak ada tanda cacat fungsi yang bisa dideteksi dan dikhawatirkan sambungan akan terputus ketika terkena getaran berlebih. Pencarian lokasi cacat pada jenis cacat ini tergolong lebih sulit dari *unconnect* karena tampilan visual yang seperti telah tersambung (Deni, 2022). Berikut adalah contoh foto terkait cacat *halflock* yang terjadi. Gambar 2.9 menunjukkan beberapa contoh dari cacat *halflock*.



**Gambar 2.9** Contoh cacat konektor *halflock*

#### 2.4 Penelitian Terdahulu

Beberapa literatur menunjukkan aplikasi dari siklus *PDCA* telah diimplementasikan dengan hasil yang positif dan telah berhasil mengurangi cacat dan pengeluaran biaya serta meningkatkan kualitas proses dan produk. Hailu dan Mengstu mengembangkan literatur terintegrasi berbasis *Total Productive Maintenance (TPM)*, *Toyota Production System (TPS)*, *Total Quality Management (TQM)* melalui siklus *PDCA* dan pedoman implementasi untuk sistemnya. Implementasi dimulai dari menjalankan 5S, identifikasi *muda muri mura*, membuat *SOP*, pencarian akar masalah dan melakukan perbaikan berkelanjutan, membangun kualitas menggunakan *andon*, *pokayoke*, dan otomasi, *5 why*, menggunakan alat kontrol statistik untuk proses kontrol dan manajemen, serta mendokumentasikan setiap *improvement* dan cacat agar dapat mengidentifikasi masalah dan cepat melakukan penyelesaiannya. Temuan penelitian ini adalah model mutakhir terpadu *TPM* yang menargetkan *zero breakdown*, *zero defect*, dan *zero accident*, kemudian *TPS* yang berambisi untuk mengeliminasi segala pemborosan, dan *TQM* yang berusaha agar tidak membuat cacat. Orisinalitas dari model yang telah dikembangkan dan implementasinya memungkinkan industri manufaktur untuk terus kompetitif dan menguntungkan (Hailu et al., 2018).

Pinto dan Mendes menyelidiki bagaimana perbaikan secara berkelanjutan bisa didapatkan melalui praktik *lean manufacturing*. Metode yang digunakan berupa metode penelitian studi kasus tunggal ditemukan bahwa bukti adanya hubungan antara *lean manufacturing* (seperti *kaizen*, *PDCA*, *Ishikawa*, *pokayoke*, *standardized work*) dengan pengaruh lingkungan dari suatu

organisasi. Hasil aplikasi dari penelitian ini adalah pengurangan konsumsi energi, dan konsumsi air, dan pengeluaran biaya hingga \$ 20.900/tahun. (Pinto Junior & Mendes, 2017).

Shahar dan Salleh menggunakan metodologi *PDCA*, observasi, dan konsep melalui *PUGH*, dan aplikasi desain perangkat lunak CATIA untuk menganalisa proses penggilingan dan produksi alat potong. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan mesin penghapus lumpur karbida yang sangat cocok dengan lini produksi dari sebuah industri alat pemotong. Lumpur karbida akan disaring melalui mesin penyaringan, dibutuhkan perawatan mesin filter yaitu dengan mentransfer akumulasi lumpur karbida kedalam tong limbah. Proses ini membutuhkan dua sampai tiga orang dan memakan waktu yang cukup lama. Penelitian ini berkontribusi pada pengurangan biaya dan pengurangan waktu proses dan juga meningkatkan kualitas dari keamanan operator saat bekerja (Shahar & Salleh, 2017).

Tahidzurrhman bekerja di sebuah proyek untuk mengurangi cacat jahit yang berimplikasi pada tingkat pengerjaan ulang. Analisis pareto digunakan untuk mengidentifikasi cacat dominan yang terjadi dari 7 cacat yang ada, dimana 80% cacat ada pada cacat dominan itu harus menjadi perhatian utama untuk mengurangi presentase cacat. Diagram sebab-akibat dibuat untuk mengetahui akar permasalahan dan alat seperti 5S dan PDCA diaplikasikan untuk menurunkan tingkat cacat secara efektif (Tahiduzzaman et al., 2018).

Jagusciak dan Kocik memaparkan studi kasus penggunaan praktis siklus *PDCA* dalam perusahaan manufaktur bingkai foto. Mereka menggunakan siklus *PDCA* sebagai solusi untuk masalah kualitas yang terjadi selama produksi bingkai foto yaitu perubahan warna dan hangus pada permukaan bingkai. Jumlah cacat non-konforman yang tereduksi mencapai lebih dari 60% (Jagusciak-Kocik, 2017). Kholif mengimplementasikan siklus *PDCA* sebagai metode untuk peningkatan kualitas berkelanjutan di laboratorium susu. Hasil menunjukkan pengurangan jumlah sampel susu UHT yang terkontaminasi dari awal 368 menjadi 85. Selain itu indeks kapabilitas (CP) meningkat dari 0,52 menjadi 1,07. Pengurangan jumlah sampel susu yang terkontaminasi ini dan peningkatan cp menaikkan efisiensi dari 68,02% menjadi 74,06% dan efektivitas dari 88,95% menjadi 96,85%, dengan demikian, metodologi *PDCA* berhasil diterapkan untuk mengurangi terjadinya kesalahan dan meningkatkan kemampuan proses untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas laboratorium susu (Kholif et al., 2018).

Wazed dan Syamsuddin memaparkan pendekatan sistematis dengan alat dan teknik manajemen yang digunakan untuk memecahkan masalah *rejection* di pabrik pembuatan cetakan plastik. Mereka berfokus pada penerapan 5S dan *PDCA*. Implementasi dua metode ini menunjukkan hasil yang signifikan dalam mengurangi *rejection* dari cetakan plastik dan membuat lingkungan kerja yang lebih bersih dan nyaman.

Berdasarkan data mengenai hasil kesuksesan proses yang diperoleh dalam studi kasus penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penerapan siklus *PDCA* berfungsi untuk menghapus atau mengurangi jumlah cacat fungsi pada proses perakitan dalam industri manufaktur mobil.

## BAB III METODOLOGI

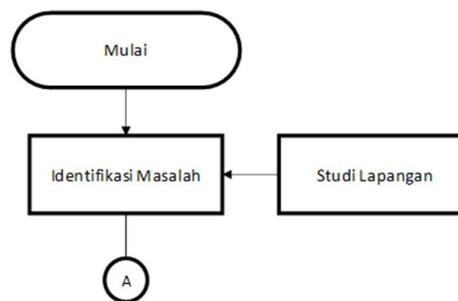
### 3.1 Metode Penelitian

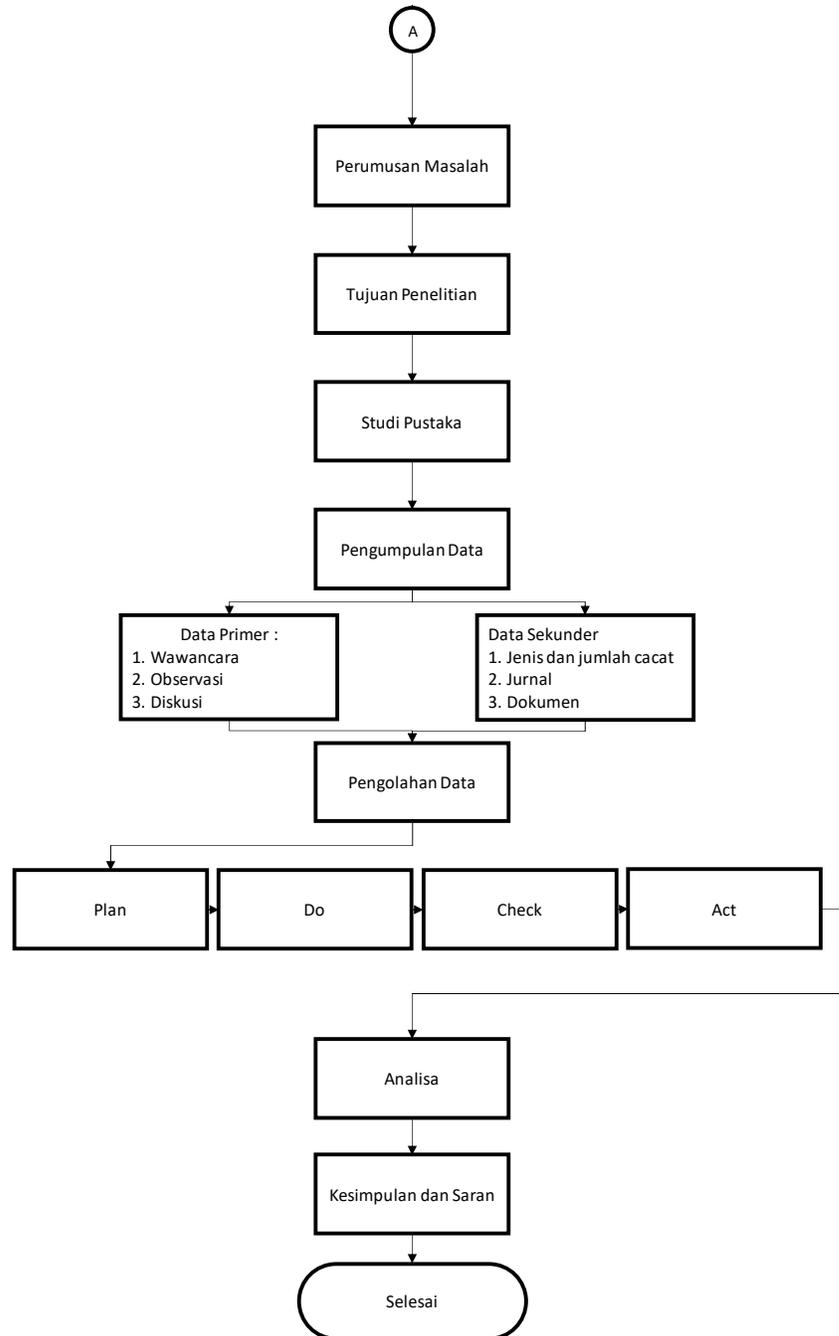
Pendekatan yang akan digunakan dalam penelitian ini ialah melalui pendekatan kualitatif studi kasus. Menurut para ahli, kualitatif yakni suatu penelitian yang berdasarkan filsafat postpositivisme, yang mana digunakan untuk meneliti kondisi objek alamiah, disini posisi peneliti sebagai instrument kunci, kemudian teknik pengumpulan data dengan triangulasi, analisa data bersifat kualitatif, dan hasil penelitian menekankan pada makna dibandingkan generalisasi. (Anggito & Setiawan, 2018), sedangkan studi penelitian studi kasus adalah metode yang diterapkan untuk memahami individu lebih mendalam dengan dipraktekkan secara integratif dan komprehensif. Langkah tersebut dilakukan untuk memahami karakter individu yang diteliti secara mendalam. Selain mempelajari karakter individu, juga membantu menentukan solusi atas permasalahan yang dihadapi individu tersebut. Harapannya adalah ketika masalah yang dihadapi bisa terselesaikan. Maka individu tadi akan memiliki karakter dan cara berpikir yang lebih baik (Gudnanto, 2011).

Penelitian ini menggunakan jenis dan metode kualitatif studi kasus untuk menganalisa dan memberikan solusi terhadap masalah cacat fungsi yang terjadi pada lingkungan pabrik, sehingga diharapkan mendapatkan hasil yang bisa direkomendasikan kepada pihak industri secara khusus.

### 3.2 Rancangan Penelitian

Penelitian akan dimulai pada beberapa tahapan, dimulai dari mencari permasalahan cacat fungsi yang akan diangkat untuk dijadikan penelitian, studi literatur, hingga mendapatkan hasil dan kesimpulan. Permasalahan akan diarahkan untuk mengurangi cacat penyambungan konektor. Cacat ini terjadi pada sambungan-sambungan kabel elektrik yang menyebabkan permasalahan pada fungsi kendaraan dan juga menciptakan pemborosan. Maka dari itu, penting untuk mengetahui jenis cacat dan penyebab cacat penyambungan untuk meningkatkan kualitas pekerjaan penyambungan konektor dalam proses perakitan dengan volume produksi yang tinggi. Metodologi penelitian mengikuti berdasarkan penelitian Hailu.H tentang pengintegrasian perbaikan terus menerus untuk meningkatkan keuntungan dari industri manufaktur (Hailu et al., 2018), dengan mengembangkan kasus dan mencakup : (a) studi literatur dari artikel serupa yang diterbitkan dengan studi kasus yang menerapkan siklus PDCA, standar yang terkait dengan proses, tahapan PDCA, serta alat-alat yang digunakan seperti RCA dan diagram pareto; (b) perkembangan studi kasus; (c) analisa hasil; (d) hasil dan rekomendasi. Gambar 3.1 menunjukkan diagram alir penelitian ini berjalan.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.3 Jenis dan Sumber Data

Jenis data kuantitatif yang didapatkan pada penelitian ini berupa data jumlah dan frekuensi riwayat cacat yang terjadi selama periode waktu tertentu. Sedangkan data Kualitatif yang didapatkan pada penelitian ini berupa jenis dan deskripsi cacat selama periode waktu tertentu dan hasil wawancara dengan informan beserta hasil foto-foto pengamatan.

Data utama dalam penelitian ini adalah hasil wawancara kepada para informan yang telah dipercaya peneliti akan memberikan informasi yang benar dan jujur. Sumber data utama didapat dari bertanya dan mendengar, selanjutnya adalah ialah data pengamatan pekerjaan secara

langsung. Data kedua yaitu dokumen-dokumen berupa tulisan, data statistik, foto, dan lain-lain yang akan mendukung penelitian ini.

### **3.4 Teknik Pengumpulan Data**

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

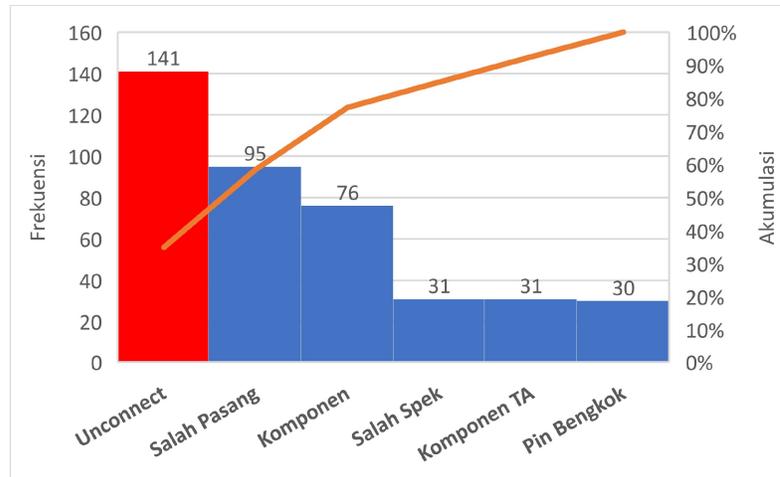
1. Wawancara merupakan salah satu teknik pengumpulan data dengan mengajukan pertanyaan kepada narasumber atau informan terkait topik penelitian secara langsung. Wawancara digunakan ketika peneliti ingin mengetahui pengalaman atau pendapat informan mengenai sesuatu secara mendalam. Wawancara juga bisa dipakai untuk membuktikan informasi atau keterangan yang telah diperoleh sebelumnya. Pada penelitian ini peneliti rencananya akan melakukan wawancara langsung kepada para pekerja dari operator maupun pemimpin kelompok terkait permasalahan yang ada
2. Observasi adalah teknik yang dipakai untuk mengumpulkan data penelitian lewat pengamatan dan pengindraan. Peneliti kemudian membuat laporan berdasarkan apa yang dilihat, didengar, dan dirasakan selama observasi. Observasi dilakukan untuk mendapatkan gambaran yang lebih nyata dan detail mengenai suatu peristiwa atau kejadian. Peneliti dapat mengamati komunitas tertentu untuk memahami kebiasaan atau cara kerja mereka. Pada penelitian ini peneliti rencananya akan melakukan observasi untuk melihat langsung cara kerja dari operator untuk menganalisa penyebab-penyebab masalah yang mungkin terjadi
3. Focus group discussion (FGD). Peneliti mengadakan diskusi bersama beberapa responden mengenai topik penelitian untuk mengetahui pandangan atau pemahaman mereka. Responden di sini akan mewakili populasi yang dituju oleh peneliti. FGD dilakukan ketika peneliti ingin mengetahui pandangan yang lebih objektif dari suatu kelompok. Pada penelitian ini peneliti rencananya akan melakukan *FGD* dengan berbagai responden dari *operator* sampai *group leader* untuk membahas tentang sumber-sumber masalah dan juga cara penaggulangannya.
4. Studi Dokumen. Sesuai dengan namanya, studi dokumen dilakukan dengan mengkaji dokumen-dokumen terkait topik penelitian. Dokumen tersebut dapat berupa surat, arsip foto, notulen rapat, jurnal, buku harian, dan lain-lain. Peneliti rencananya akan mengkaji dokumen-dokumen dari data cacat, notulensi rapat, dan juga jurnal-jurnal yang terkait.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

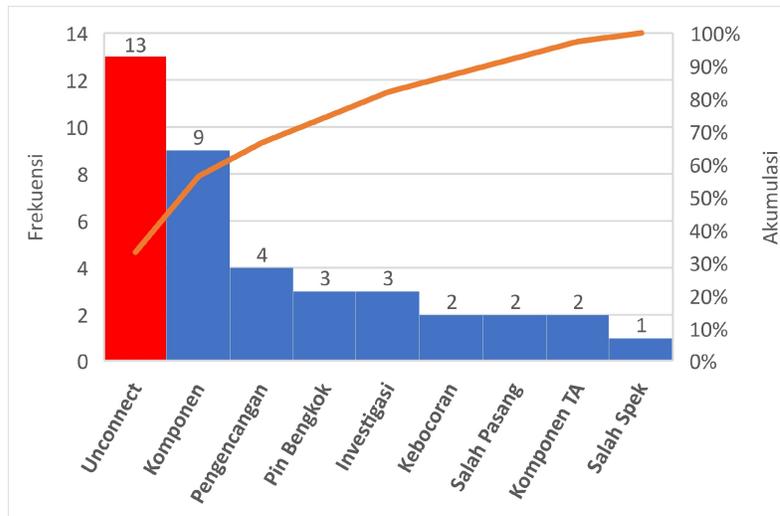
### 4.1 Hasil Siklus PDCA

#### 4.1.1 Hasil Tahap Satu “Plan”

Menggunakan data inspeksi cacat fungsi selama periode bulan Januari – April 2022 yang diambil dari divisi kualitas perusahaan dan juga dengan alat bantu diagram pareto, didapatkan hasil analisa penyebab cacat mana yang paling banyak terjadi. Hasil analisa bisa dilihat pada gambar 4.1 .



(a)

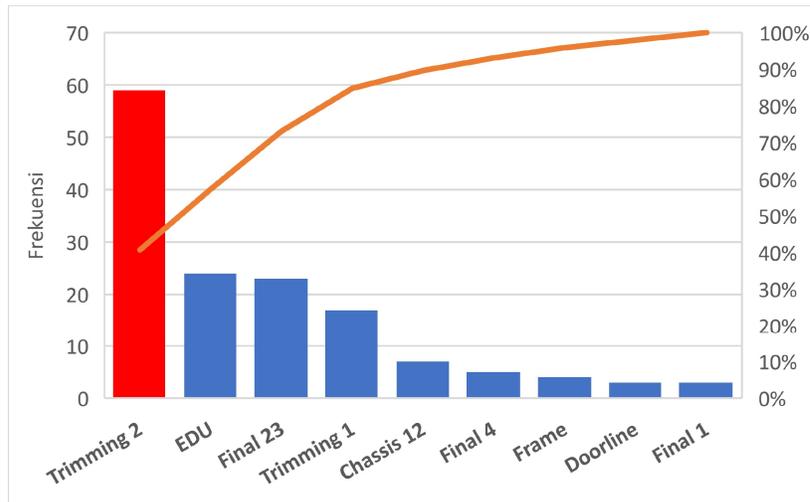


(b)

**Gambar 4.1** (a) dan (b) Diagram Pareto Cacat pada berturut-turut pada fungsi A dan B pada Periode Januari-April 2022

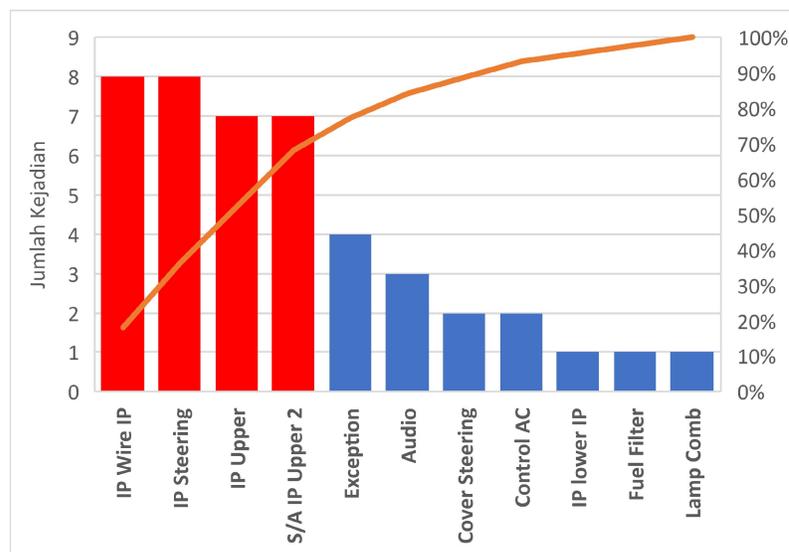
Berdasarkan hasil grafik diatas terlihat cacat *unconnect/halflock* memegang presentase kumulatif paling tinggi sebesar 35% pada cacat fungsi A dan juga 38% pada cacat fungsi B dibandingkan oleh jenis cacat fungsi lainnya. Tahap selanjutnya adalah menganalisa garis

perakitan dimana cacat *unconnect/halflock* ini paling sering terjadi. Hasil analisa dapat dilihat pada diagram pareto pada gambar 4.2 .



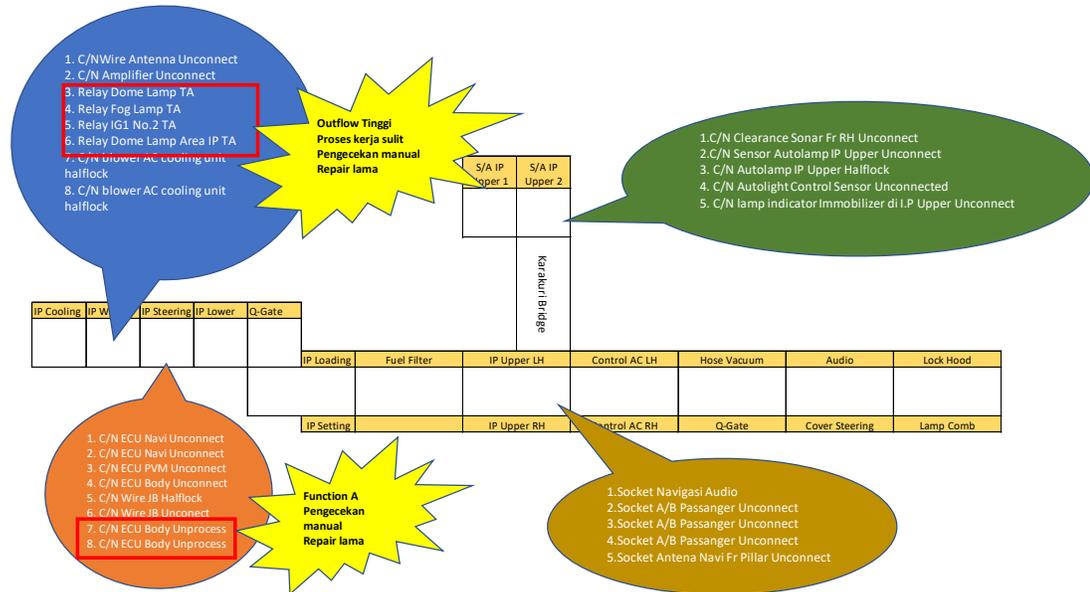
**Gambar 4.2** Diagram Pareto Lokasi Garis Perakitan Cacat *Unconnect/Halflock* Terjadi

Berdasarkan hasil analisa didapatkan bahwa cacat paling banyak terjadi pada garis perakitan *trimming 2* yang memiliki kumulatif mencapai 40%. Mengetahui *line trimming 2* merupakan garis perakitan yang paling banyak menyebabkan cacat *unconnect/halflock*, tahap selanjutnya adalah menganalisa pos kerja mana yang paling banyak menyebabkan cacat *unconnect/halflock*. Hasil analisa pos kerja dapat dilihat pada gambar 4.3



**Gambar 4.3** Diagram Pareto Pos Kerja pada *Line Trimming 2* Terjadinya Cacat *Unconnect/Halflock*

Hasil analisa menunjukkan empat pos kerja yang paling banyak menyebabkan cacat *unconnect/halflock* yaitu pos kerja IP Wire, IP Steering, IP Upper, dan S/A IP Upper 2. Gambar 4.4 merupakan denah *line trimming* 2 dan juga empat pos kerja yang telah disebutkan diatas berikut dengan item pekerjaan yang paling sering keluar sebagai cacat.



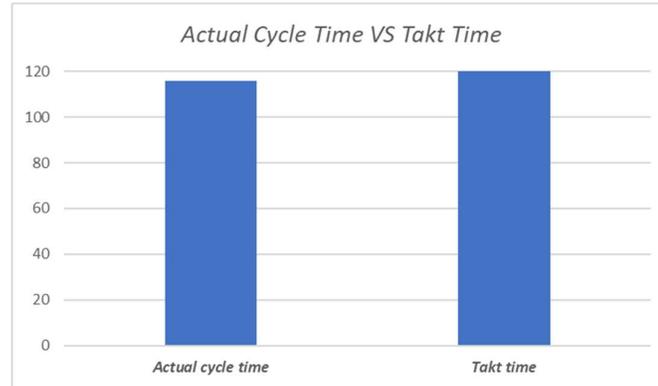
**Gambar 4.4** Pos Kerja Pareto Terjadiannya Cacat Unconnect/Halflock pada line trimming 2

Pada tahap ini akan dianalisa pekerjaan cacat penyambungan *relay* pada pos kerja *IP Wire* karena jumlah cacat yang paling tinggi diantara jenis cacat lain, proses kerja sulit, metode pengecekan yang masih manual, dan proses proses *repair* yang lama. Pekerjaan yang akan dianalisa selanjutnya adalah cacat penyambungan *ECU body* pada pos kerja *IP Steering*, walaupun jenis pekerjaan ini bukanlah pekerjaan yang paling sering keluar sebagai cacat, pekerjaan ini akan tetap diprioritaskan untuk dianalisa karena cacat ini merupakan cacat *rank A*, proses kerja sulit, pengecekan masih manual dan memakan waktu repair yang cukup lama. Untuk cacat yang lain akan dianalisa pada waktu berikutnya ataupun bisa menggunakan hasil keberhasilan dari siklus *PDCA* berikut. Maka dari itu tujuan dari siklus *PDCA* ini adalah untuk mengeliminasi cacat pada item pekerjaan penyambungan *relay* dan penyambungan *body ECU*.

#### 4.1.1.1 Investigasi Permasalahan Penyambungan Relay

Gambar 4.5 menunjukkan salah satu kasus *relay ignition No.2* yang tidak tersambung sehingga menyebabkan malfungsi sistem pembakaran pada mesin.





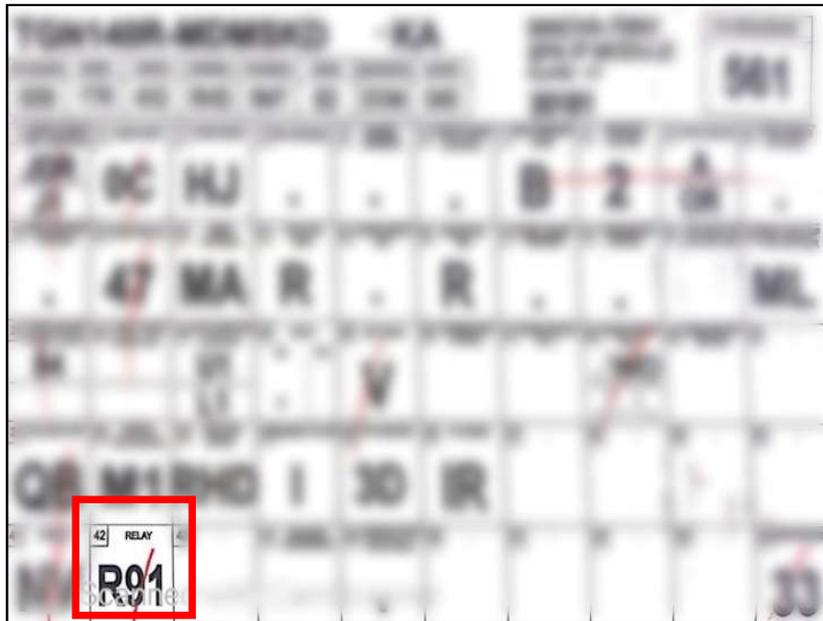
**Gambar 4.6** Analisa Waktu Siklus VS *Takt time*

Hasil pengamatan *CCTV* menunjukkan *cycle time* actual sebesar 116 detik pada saat proses, masih berada dibawah *takt time* yaitu sebesar 120 detik, serta tidak ada abnormalitas saat proses terjadi. Kemudian investigasi dilanjutkan dengan melakukan wawancara kepada pekerja yang melakukan cacat tersebut terkait dengan mengapa cacat tersebut bisa terjadi dan kesulitan proses kerja yang ada. Sebagai informasi tambahan, pekerja merupakan tenaga kerja dengan *skill A* yang artinya secara keterampilan sudah baik dan juga sudah bekerja lebih dari empat tahun. Hasil wawancara bisa dilihat pada tabel 4.2

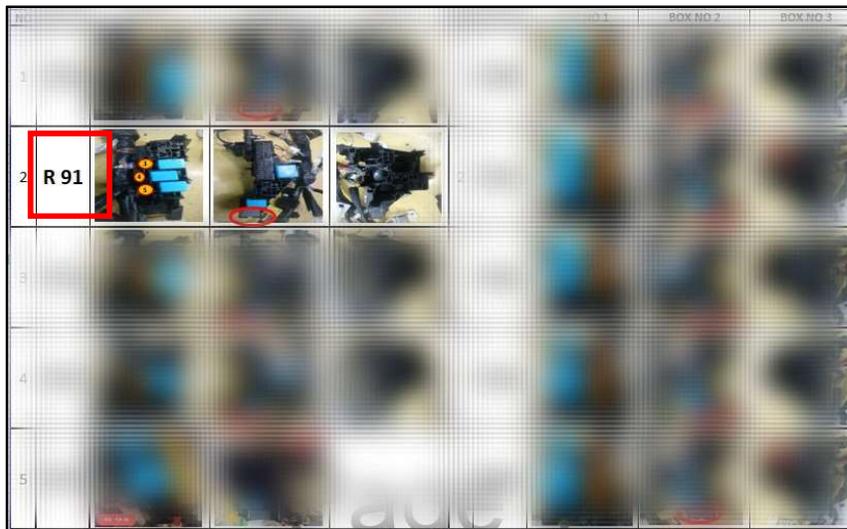
**Tabel 4.2** Hasil Wawancara Pekerja

1	Pekerjaan ini cukup sulit karena susunan penyambungan relay untuk setiap unit kerja berbeda-beda.
2	Susunan penyambungan relay tergantung dari kode relay yang terdapat pada harigami.
3	Saya harus mencocokkan kode relay yang terdapat pada harigami dengan poster matrix relay yang ada pada area kerja secara manual.
4	Pada poster matriks relay terdapat 30 jenis susunan penyambungan yang berbeda-beda.
5	Pada kasus ini saya salah mencocokkan kode relay yang terdapat pada harigami dengan poster matriks pada area kerja.
6	Saya seharusnya menyambung relay dengan susunan R32, tetapi saya menggunakan susunan relay R24.
7	Kemungkinan konsentrasi saya berkurang, unit sebelumnya sering menggunakan kode R24, namun pada unit ini berubah menjadi R32.
8	Beberapa gambar juga berada pada posisi bawah sehingga saya perlu maju satu langkah dan meninggikan badan saya dari posisi normal saya.

Gambar 4.7 menunjukkan contoh kode *relay* yang ada pada *harigami*, dan gambar 4.8 menunjukkan kode *relay* yang berada pada poster susunan matrix.

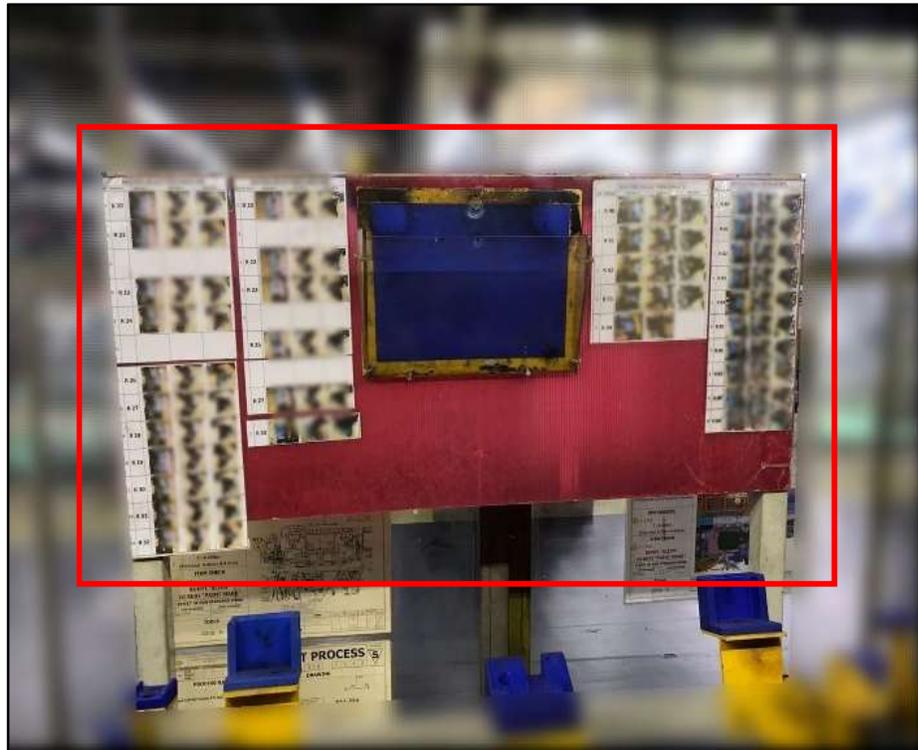


**Gambar 4.7** Kode *Relay* pada Harigami

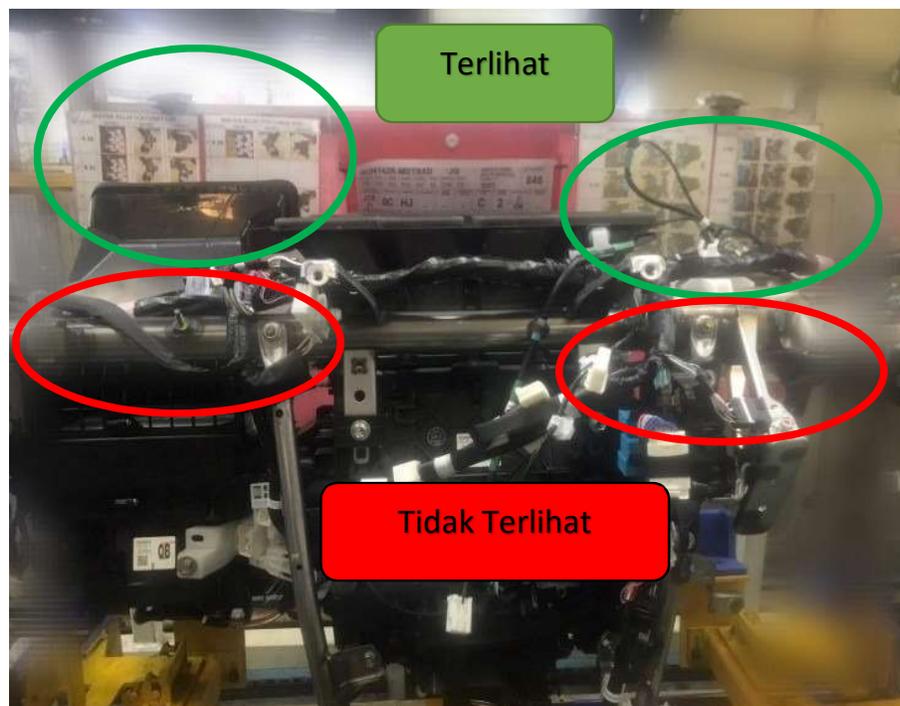


**Gambar 4.8** Kode *Relay* pada Poster Matriks

Tahap selanjutnya adalah melakukan obeservasi langsung dilapangan. Hasil observasi menunjukkan adanya beberapa kesulitan proses kerja antara lain pencocokan kode *relay* pada *harigami* dengan poster matriks *relay* yang jumlah tipe susunannya mencapai 30 jenis seperti pada gambar 4.9 , kemudian ada gambar matrix pada poster yang berada pada bagian bawah tertutup unit kerja sehingga pekerja harus melakukan gerakan berlebih untuk melihat gambar tersebut seperti pada gambar 4.10 dan 4.11, lalu terakhir gambar pada poster matriks *relay* terlihat kecil, dan beberapa gambar sudah terlihat kabur seperti pada gambar 4.12.



**Gambar 4.9** Tipe Susunan Matrix Penyambungan *Relay* Mencapai 30 Jenis



**Gambar 4.10** Posisi Poster Matriks *Relay* Yang Terlihat Dan Tidak Terlihat Pada Area Kerja



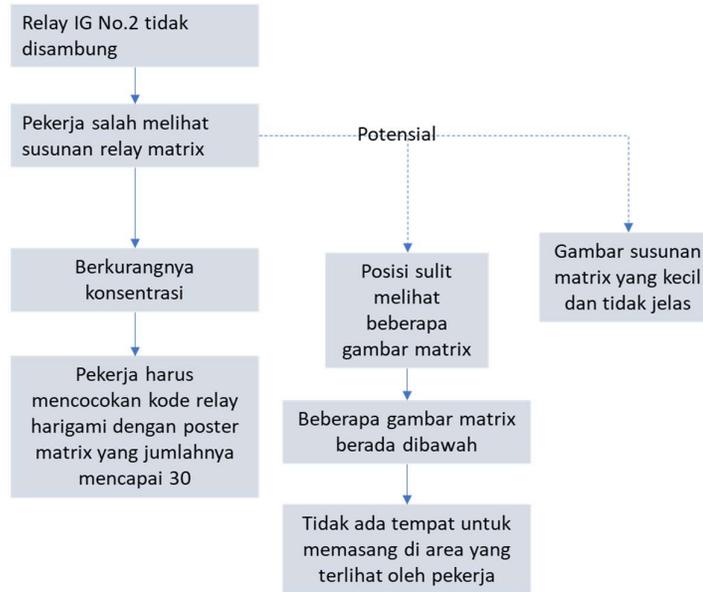
**Gambar 4.11** Posisi Pekerja Sulit Melihat Matriks



**Gambar 4.12** Gambar Matriks Tidak Jelas

Pada kondisi ideal seharusnya pekerja dapat dengan cepat dan mudah dalam menemukan gambar matrix *relay* yang cocok dengan kode *harigami*, kemudian tidak boleh ada langkah berlebih ketika pekerja harus melihat gambar matrix *relay* pada bagian bawah, dan

yang terakhir gambar matrix harus terlihat besar dan jelas. Dari hasil investigasi tersebut dilakukan analisa *rootcause* seperti pada gambar 4.13 .

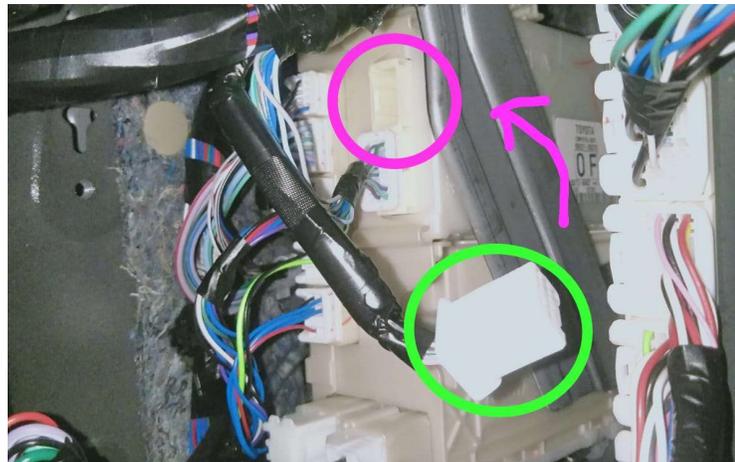


**Gambar 4.13** Analisa *Root Cause* Penyambungan *Relay*

Dari akar permasalahan tersebut, direncanakan perbaikan dengan cara mengganti sistem poster matriks *relay* dengan menggantinya menggunakan monitor visualisasi matriks yang terhubung dengan server pusat perusahaan yang akan menampilkan hanya satu gambar matriks *relay* dari unit kerja yang sedang diproses. Produk ini dinilai dapat mempercepat proses pencocokan kode pada *harigami* dengan poster matriks *relay*, tidak ada langkah berlebih ketika melihat poster, dan gambar matriks juga terlihat besar dan jelas.

#### 4.1.1.2 Investigasi Permasalahan Penyambungan *ECU Body*

Gambar 4.14 merupakan salah satu kasus cacat fungsi A yang artinya berkaitan secara langsung terhadap keselamatan dari penumpang yaitu konektor *ECU body* yang tidak tersambung. Cacat ini menyebabkan malfungsi dari lampu depan dan belakang mobil.



**Gambar 4.14** Cacat Penyambungan konektor *ECU body* upper yang tidak tersambung

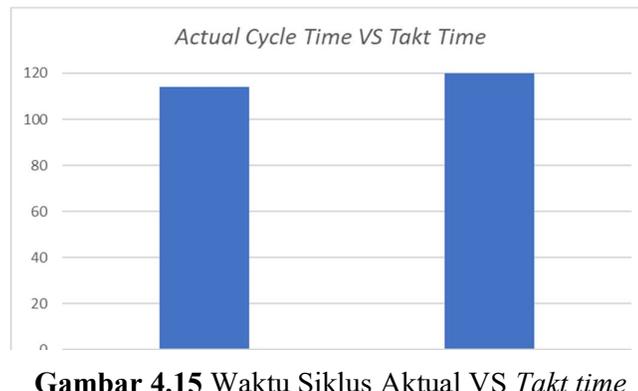
Berdasarkan TSKK yang ada, pekerja diinstruksikan untuk memasang dua konektor *ECU Body* yaitu *upper* dan *lower* seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.3 .

**Tabel 4.3** TSKK Penyambungan *ECU body* pada *Pos IP Steering*

TSKK POS IP STEERING	
No	Item Pekerjaan
1	Cek harigami
2	
34	Sambung I/P W/H X Body ECU Upper
35	Check I/P W/H X Body ECU Upper
36	Sambung I/P W/H X Body ECU Lower
37	Check I/P W/H X Body ECU Lower
38	...



Namun , saat proses kerja berlangsung pekerja tidak menyambungkan konektor yang pertama yaitu *upper*, untuk investigasi lebih lanjut dilakukan pengamatan melalui kamera *CCTV* untuk melihat *cycle time* serta abnormalitas saat proses kerja berlangsung. Hasil analisa bisa dilihat pada gambar 4.15 .



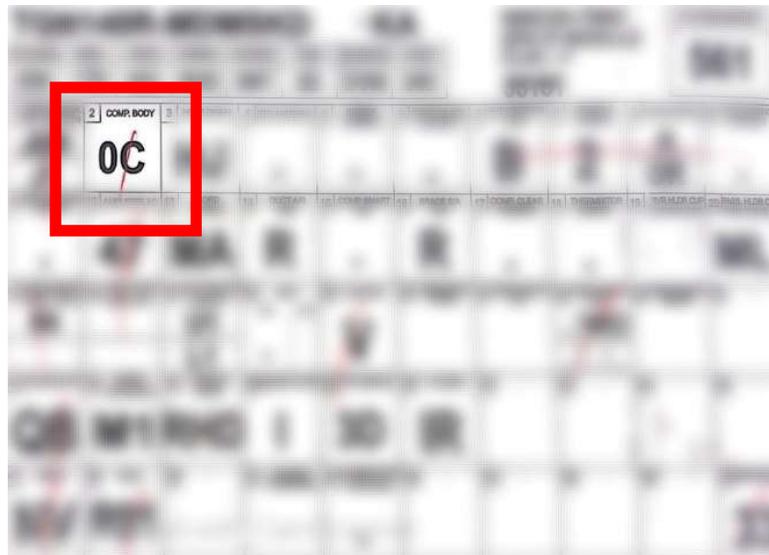
**Gambar 4.15** Waktu Siklus Aktual VS *Takt time*

Hasil pengamatan *CCTV* menunjukkan *cycle time* actual sebesar 114 detik pada saat proses masih berada dibawah *takt time* yaitu sebesar 120 detik, serta tidak ada abnormalitas saat proses terjadi. Kemudian investigasi dilanjutkan dengan melakukan wawancara kepada pekerja yang melakukan pekerjaan terkait dengan mengapa cacat tersebut bisa terjadi dan kesulitan proses kerja yang ada. Sebagai informasi tambahan, pekerja merupakan tenaga kerja dengan *skill A* yang artinya secara keterampilan sudah baik dan juga sudah bekerja lebih dari dua tahun. hasilnya dapat dilihat pada table 4.4 .

**Tabel 4.4** Hasil Wawancara Pekerja

1	Pada TSKK di instruksikan untuk memasang dua konektor <i>ECU body</i> , nyatanya pada jenis mobil tertentu, tergantung pada harigami, ada yang hanya memasang satu kabel konektor <i>male</i> dan dua kabel konektor <i>female</i> .
2	Walaupun jumlah konektor <i>male</i> nya berbeda, jumlah konektor <i>female</i> pada <i>ECU body</i> tetap ada dua buah, sehingga berpotensi menyebabkan kerancuan saat pemasangan.
3	Posisi kabel konektor <i>male</i> antara satu dan dua terlalu menjuntai sehingga salah satu kabel tertutup oleh unit kerja, akibatnya kabel yang kedua tidak terlihat oleh saya.
4	Terkadang saya hanya menyambung konektor yang terlihat oleh saya, jika tidak terlihat akan ada potens tidak diproses.
5	Ketika proses kerja kabel konektor <i>male</i> yang kedua tidak terlihat oleh saya dan saya kira unit yang sedang saya kerjakan merupakan unit dengan satu konektor <i>male</i> saja.

Gambar 4.16 merupakan salah satu contoh gambar dari kode *ECU body* yang tertera pada *harigami*.

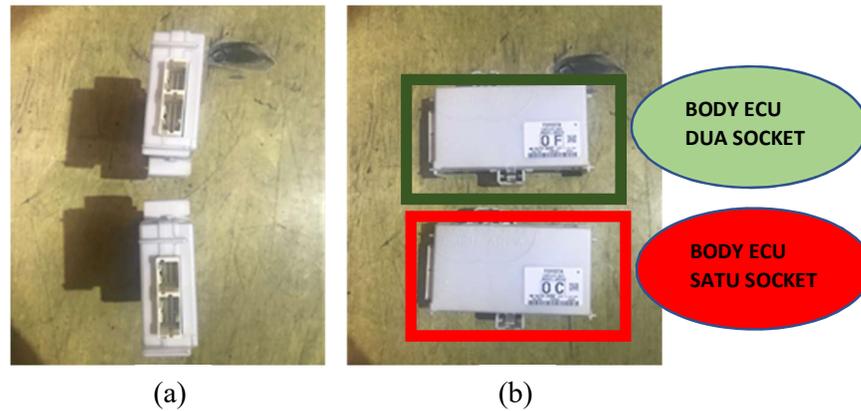


**Gambar 4.16** Kode *ECU body* Pada Harigami

Tahap selanjutnya adalah melakukan observasi langsung di lapangan, hasilnya terlihat antara konektor *upper* dan *lower* terlalu menjuntai sehingga ada potensi salah satu konektor tidak terlihat ketika proses penyambungan berlangsung. Selain itu, *Body ECU* yang membutuhkan satu konektor *male* dan dua konektor *female* terlihat memiliki bentuk dan jumlah konektor *female* yang sama yaitu dua buah sehingga bisa menyebabkan kekeliruan saat proses kerja. Gambar 4.17 menunjukkan konektor *male upper* yang tersembunyi dan gambar 4.18 menunjukkan *ECU Body* yang walaupun hanya membutuhkan satu konektor *male* tetapi tetap memiliki dua konektor *female*.



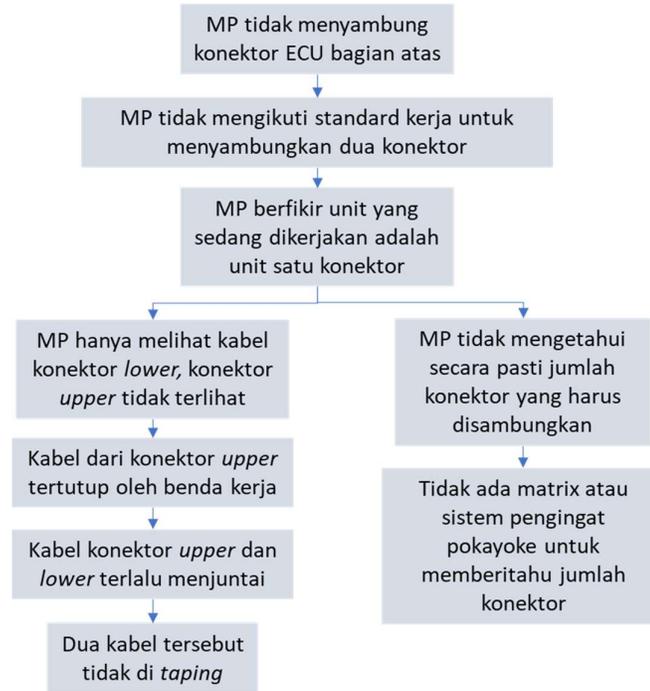
**Gambar 4.17** Konektor *Upper* Tersembunyi



**Gambar 4.18** (a) dan (b) secara berturut-turut menunjukkan tampak samping dan depan dari *ECU body* Satu Konektor dan Dua Konektor

Pada kondisi ideal seharusnya dua kabel konektor *male* tersebut seharusnya mudah terlihat oleh pekerja yang sedang melakukan proses, kemudian seharusnya ada bentuk pemberitahuan untuk mengingatkan pekerja jumlah konektor yang seharusnya disambung pada unit kerja yang sedang dikerjakan.

Dari hasil investigasi tersebut dilakukan analisa akar permasalahan seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.19



**Gambar 4.19** Analisa *Root Cause* Cacat Penyambungan *ECU body*

Dari akar permasalahan tersebut direncanakan perbaikan dengan cara melakukan *taping* antara dua socket *upper* dan *lower*. Kemudian dilakukan modifikasi *harigami* sebagai sistem pengingat jumlah konektor yang harus disambungkan. Berbagai rencana perbaikan sudah ditetapkan, tahap selanjutnya adalah membuat tabel jadwal pekerjaan seperti pada tabel 4.5.

**Tabel 4.5** Jadwal Pekerjaan Perbaikan

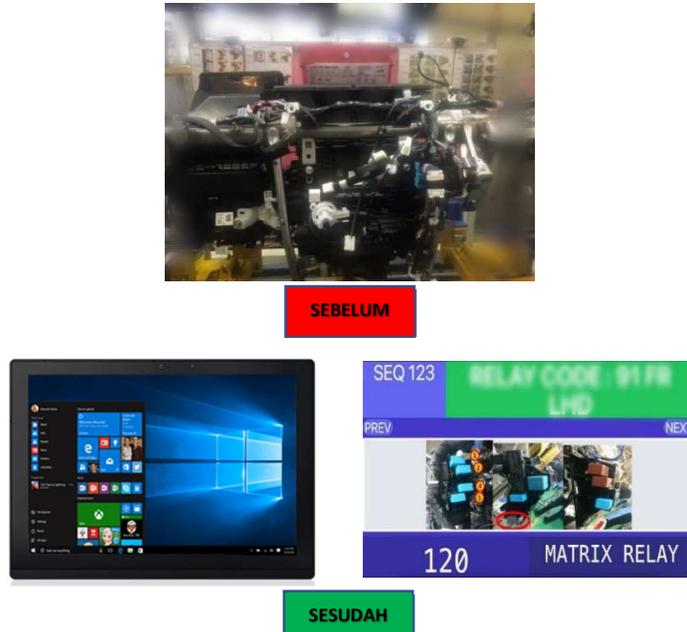
Pekerjaan	Mei		Juni				Juli	
	III	IV	I	II	III	IV	I	II
Mengumpulkan dan membuat database data matriks relay dari divisi <i>engineering service</i>								
Mengembangkan tampilan depan <i>UI</i> visualiasi layar matriks relay								
Mengembangkan algoritma <i>back end</i> visualiasi layar matriks relay								
Melakukan permintaan penyambungan server pusat perusahaan dengan komputer lokal								
Melakukan permintaan <i>taping</i> tambahan pada kabel <i>ECU Body</i> kepada divisi <i>quality item</i>								
Melakukan permintaan modifikasi <i>harigami</i> kepada divisi <i>engineering service</i>								
Memantau cacat yang terjadi								

#### 4.1.2 Hasil Tahap Dua "Do"

Perbaikan yang telah direncanakan pada tahap pertama akan diimplementasikan langsung ke lapangan seperti yang akan dijabarkan pada subbab dibawah ini.

#### 4.1.2.1 Implementasi Perbaikan Penyambungan *Relay*

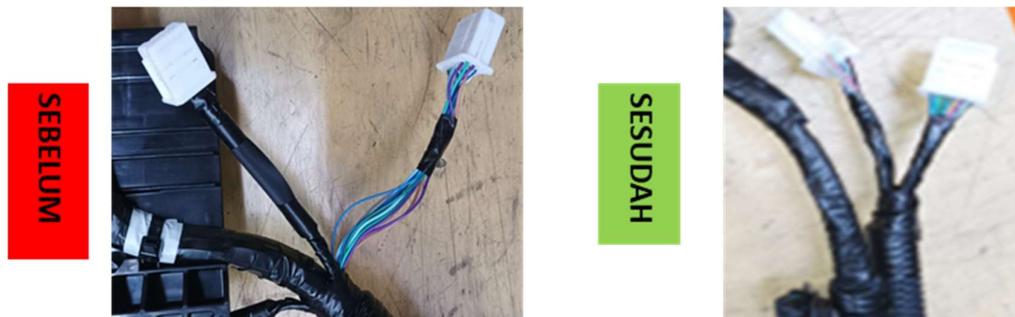
Pada proses ini sebelumnya pekerja harus mencocokkan kode *relay* pada *harigami* dengan poster matriks *relay* sebelum melakukan proses kerja, namun kini sudah dilakukan perbaikan dengan menggunakan visualisasi satu monitor yang akan menampilkan susunan matriks *relay* yang akan dipasang pada unit yang akan diproses. Kini pekerja hanya perlu mencocokkan kode *relay* pada *harigami* dengan satu gambar matriks yang akan berada pada monitor sehingga proses pencocokan kode *relay* dengan poster matriks bisa dieliminasi, dampaknya pekerjaan bisa dilakukan lebih cepat dan akurat. Gambar 4.20 menunjukkan perbaikan cacat penyambungan *relay*.



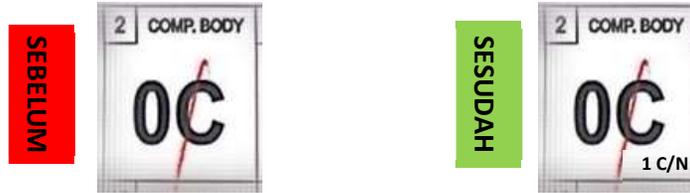
**Gambar 4.20** Sebelum dan Sesudah Perbaikan Pemasangan *Relay*

#### 4.1.2.2 Implementasi Perbaikan Penyambungan *ECU body*

Pada proses ini sebelumnya pekerja kesulitan untuk melihat kabel konektor *male* bagian *upper* dan juga sulit menentukan jumlah konektor yang harus dipasang, namun kini sudah dilakukan proses *taping* antara dua kabel konektor *male* dari *ECU body* sehingga kabel mudah terlihat seperti pada gambar 4.21 dan juga melakukan memodifikasi *harigami* dengan menambahkan jumlah penyambungan sehingga bisa pekerja mengetahui jumlah penyambungan yang harus dilakukan ketika proses kerja berlangsung dengan cara melihat *harigami* seperti pada gambar 4.22.



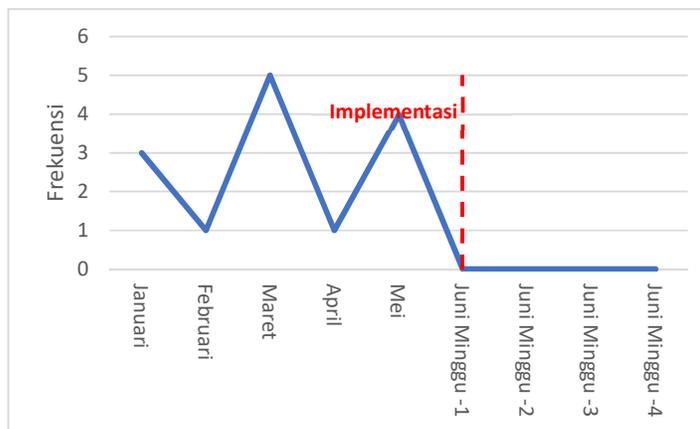
**Gambar 4.21** Kabel Konektor *Male* Sebelum dan Sesudah Perbaikan



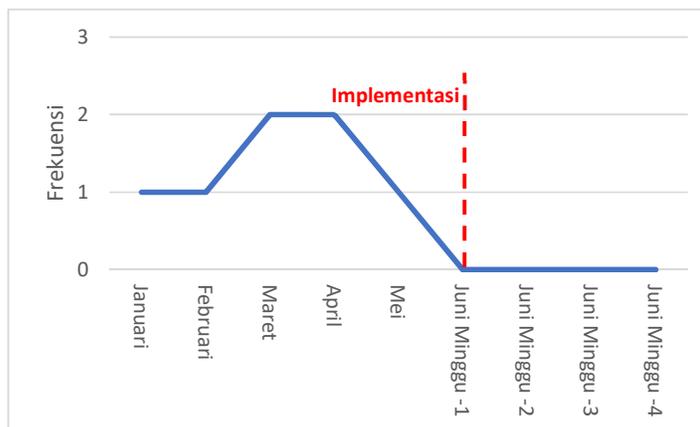
**Gambar 4.22** Harigami Sebelum dan Sesudah Perbaikan

#### 4.1.3 Hasil Tahap Tiga “Check”

Seusai tahap implementasi, langkah selanjutnya adalah memantau apakah cacat penyambungan relay pada pos *IP Wire* dan cacat penyambungan *ECU body* pada *pos IP Steering* muncul kembali. Data pemantauan cacat didapatkan dari laporan divisi inspeksi. Grafik pada gambar 4.23 merupakan riwayat cacat yang terjadi serta pemantauan cacat setelah implementasi dilakukan.



**Gambar 4.23** Riwayat Kasus Cacat Penyambungan Relay Sebelum dan Sesudah Implementasi



**Gambar 4.24** Riwayat Kasus Cacat Penyambungan *ECU body* Sebelum dan Sesudah Implementasi

#### 4.1.4 Hasil Tahap Empat “Act”

Pada tahap ini, hasil pekerjaan dipresentasikan kepada manajemen yang menyetujui standarisasi beberapa perubahan dalam proses perakitan di area *IP Wire* dan *IP Steering*. Beberapa perubahan antara lain adalah proses kerja penyambungan relay dan penyambungan *ECU body*. Proses perbaikan ini merupakan kaizen yang akan distandarisasi dalam proses kerja dalam bentuk poin kerja baru dalam TSKK. Tabel 4.6 Dan 4.7 merupakan standarisasi TSKK baru dalam penyambungan relay area *IP Wire* dan penyambungan ECU body pada area *IP Steering*.

**Tabel 4.6** TSKK Baru Penyambungan Relay

TSKK POS IP WIRE	
No	Item Pekerjaan
1	Cek harigami
2	...
5	Cocokkan kode relay pada harigami dengan monitor matriks
6	Sambungkan susunan relay sesuai dengan gambar yang tertera pada monitor
5	Sambung Fr fog lamp relay X J/B No.1
6	Sambung tail lamp relay X R/B No.1
7	Sambung dome cut relay X R/B No.1
8	Sambung DRL relay X R/B No.1
9	Sambung security horn X R/B No.1
10	Sambung Ignition Relay No.1
11	Sambung DRL relay No.3
12	Sambung Ignition relay No.2
13	Sambung A/C relay XR/B No.2
14	Sambung heater relay X R/B No.2
17	....

POIN  
BARU

**Tabel 4.7** TSKK Baru Penyambungan ECU Body

TSKK POS IP WIRE	
No	Item Pekerjaan
1	Cek harigami
2	...
33	Konfirmasi jumlah connector ECU body sesuai dengan harigami
34	Sambung I/P W/H X Body ECU Upper
35	Check I/P W/H X Body ECU Upper
36	Sambung I/P W/H X Body ECU Lower
37	Check I/P W/H X Body ECU Lower
38	...

POIN  
BARU

## 4.2 Pembahasan

Jika kita membandingkan hasil dalam studi kasus ini dengan hasil kasus lain yang juga menerapkan grafik pareto dan *PDCA*, kita dapat menyatakan bahwa hasil yang diperoleh adalah benar. Dalam semua kasus studi yang disajikan dalam tinjauan literatur, grafik Pareto diterapkan untuk mendeteksi cacat yang paling umum dari produk atau proses tertentu. Dalam studi kasus yang kami lakukan, pada tahap *plan* kami mengidentifikasi tujuan kerja yang dilatar belakangi oleh permasalahan kualitas cacat fungsi yang dialami perusahaan, kemudian mencari permasalahan-permasalahan dominan menggunakan grafik pareto sehingga permasalahan terfokus menjadi sebuah tujuan yaitu mengeliminasi penyambungan relay pada area *IP Wire* dan juga penyambungan *ECU body* pada area *IP Steering*. Tahap selanjutnya adalah melakukan investigasi baik melalui rekaman CCTV, wawancara pekerja, dan observasi langsung dilapangan untuk mengetahui akar permasalahan. Seusai akar permasalahan diketahui tahap selanjutnya adalah membuat perancangan perbaikan. Pada tahap *do* dilakukan implementasi seperti yang telah direncanakan sebelumnya yaitu membuat visualisasi matriks menggunakan monitor pada pekerjaan penyambungan *relay*, dan juga melakukan modifikasi harigami dan perekatan tambahan untuk kabel *ECU body*. Seusai diimplementasikan, tahap *check* akan dilakukan yaitu dengan cara memonitor cacat yang ditanggulangi dari laporan pihak inspeksi yang ternyata hasilnya kedua cacat tersebut belum terdeteksi kembali di inspeksi. Tahap terakhir yaitu *act* yaitu dengan cara melakukan standarisasi hasil perbaikan atau *kaizen* pada tabel standar kombinasi kerja pada kedua pos kerja tersebut, dan juga membagikan hasil keberhasilan untuk diimplementasikan pada kasus-kasus serupa pada kemudian waktu. Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan siklus *PDCA* dan grafik Pareto sudah benar, dan menyiratkan bahwa cacat yang kami analisis seharusnya tidak muncul lebih banyak atau menunjukkan tren penurunan pada pemantauan cacat dikemudian waktu.

## **BAB V**

### **Kesimpulan dan Saran**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Usaha mengeliminasi cacat fungsi dari pekerjaan penyambungan relay pada area *IP Wire* dan penyambungan *ECU body* pada area *IP Steering* yang dihasilkan pada proses perakitan di garis perakitan *trimming 2* yang awal mulanya secara berturut-turut terdeteksi sebesar 0,000329 *dpv* dan 0,000158 *dpv* menjadi nol dan tidak terdeteksi kembali dalam satu bulan pemantauan setelah implementasi. dan menghasilkan sebuah *kaizen* yang akan distandarisasi dalam proses kerja, karena kedua jenis cacat tersebut belum terdeteksi kembali oleh inspeksi.
2. Berdasarkan hasil dari studi kasus ini, direkomendasikan untuk mereplikasi metode hasil *kaizen* untuk kasus cacat penyambungan lain seperti konektor *airbag*, *clearance sonar*, *autolamp*, dan cacat penyambungan konektor lain yang masih dominan apabila mempunyai akar permasalahan yang sama.

#### **5.2 Saran**

1. Apabila ingin meningkatkan standar kualitas ketinggian yang lebih tinggi, diperlukan sebuah sistem *pokayoke* dalam pencegahan cacat tersebut. Pada kasus cacat penyambungan relay bisa menggunakan sistem *pokayoke* dengan bentuk *camera recognition* sebagai umpan balik yang apabila mendeteksi kesalahan pemasangan relay bisa membuat lini produksi berhenti, sedangkan untuk cacat penyambungan konektor *ECU body* bisa menggunakan sistem *pokayoke* berupa tombol konfirmasi manual yang mana pekerja harus menekan tombol tersebut setelah memasang konektor sebagai umpan balik yang apabila pekerja salah tekan atau tidak menekan tombol konfirmasi tersebut bisa membuat lini produksi berhenti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggito, A., & Setiawan, J. (2018). *Metodologi penelitian kualitatif*. CV Jejak (Jejak Publisher).
- Beheshti, M. H., Hajizadeh, R., Farhang Dehghan, S., Aghababaei, R., Jafari, S. M., & Koohpaei, A. (2018). Investigation of the Accidents Recorded at an Emergency Management Center Using the Pareto Chart: A Cross-Sectional Study in Gonabad, Iran, During 2014-2016. *Health in Emergencies and Disasters Quarterly*, 3(3). <https://doi.org/10.29252/nrip.hdq.3.3.143>
- Berger, A. (1997). Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs. *Integrated Manufacturing Systems*.
- Bhuiyan, N., & Baghel, A. (2005). An overview of continuous improvement: from the past to the present. *Management Decision*.
- Botti, L., Mora, C., & Regattieri, A. (2017). Integrating ergonomics and lean manufacturing principles in a hybrid assembly line. *Computers & Industrial Engineering*, 111, 481–491. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.05.011>
- Gudnanto, S. R. (2011). Pemahaman Individu Teknik Nontes. *Kudus: Kencana*.
- Guiras, Z., Turki, S., Rezg, N., & Dolgui, A. (2018). Optimization of Two-Level Disassembly/Remanufacturing/Assembly System with an Integrated Maintenance Strategy. *Applied Sciences*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/app8050666>
- Hailu, H., Mengstu, S., & Hailu, T. (2018). An integrated continuous improvement model of TPM, TPS and TQM for boosting profitability of manufacturing industries: An innovative model & guideline. *Management Science Letters*, 8(1), 33–50. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2017.11.002>
- Hinckley, C. M. (2007). Combining mistake-proofing and Jidoka to achieve world class quality in clinical chemistry. *Accreditation and Quality Assurance*, 12(5), 223–230.
- Jadhav, P. K., Nagare, M. R., & Konda, S. (2008). Implementing Lean Manufacturing Principle In Fabrication Process-A Case Study. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 1843. [www.irjet.net](http://www.irjet.net)
- Jagusiak-Kocik, M. (2017). PDCA cycle as a part of continuous improvement in the production company - a case study. *Production Engineering Archives*, 14(14), 19–22. <https://doi.org/doi:10.30657/pea.2017.14.05>
- Kholif, A. M., Abou El Hassan, D. S., Khorshid, M. A., Elsherpieny, E. A., & Olafadehan, O. A. (2018). Implementation of model for improvement (PDCA-cycle) in dairy laboratories. *Journal of Food Safety*, 38(3), e12451.
- Liu, D. H. F., & Lipták, B. G. (1997). *Environmental engineers' handbook*. CRC press.
- Lonnie, W. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill Companies.
- Marodin, G., Frank, A. G., Tortorella, G. L., & Netland, T. (2018). Lean product development and lean manufacturing: Testing moderation effects. *International Journal of Production Economics*, 203, 301–310. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.07.009>

- Maruta, R. (2012). Maximizing knowledge work productivity: a time constrained and activity visualized PDCA cycle. *Knowledge and Process Management*, 19(4), 203–214.
- Monden, Y. (2011). *Toyota production system: an integrated approach to just-in-time*. CRC Press.
- Ohno, T., & Bodek, N. (2019). *Toyota production system: beyond large-scale production*. Productivity press.
- Parchami Jalal, M., Noorzai, E., & Yavari Roushan, T. (2019). Root cause analysis of the most frequent claims in the building industry through the SCoP3E Ishikawa diagram. *Journal of Legal Affairs and Dispute Resolution in Engineering and Construction*, 11(2), 04519004.
- Pinto Junior, M. J. A., & Mendes, J. V. (2017). Operational practices of lean manufacturing: Potentiating environmental improvements. *Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)*, 10(4), 550–580.
- Potvin, J. R., Christy Calder, I., Cort, J. A., Agnew, M. J., & Stephens, A. (2006). Maximal acceptable forces for manual insertions using a pulp pinch, oblique grasp and finger press. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36(9), 779–787.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ergon.2006.06.005>
- Rahani, A. R., & Al-Ashraf, M. (2012). Production flow analysis through value stream mapping: a lean manufacturing process case study. *Procedia Engineering*, 41, 1727–1734.
- Rooney, J. J., & vanden Heuvel, L. N. (2004). *Root Cause Analysis For Beginners*. www.asq.org
- Sangpikul, A. (2017). Implementing academic service learning and the PDCA cycle in a marketing course: Contributions to three beneficiaries. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 21, 83–87. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhlste.2017.08.007>
- Shahar, M. S., & Salleh, N. A. M. (2017). Design and Analysis of Tungsten Carbide Sludge Removal Machine for Maintenance Department in Cutting Tool Manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 11, 1396–1403. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.269>
- Silva, A. S., Medeiros, C. F., & Vieira, R. K. (2017). Cleaner Production and PDCA cycle: Practical application for reducing the Cans Loss Index in a beverage company. *Journal of Cleaner Production*, 150, 324–338. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.033>
- Slack, Nigel., & Chambers, Stuart. (2007). *Operations management*. Prentice Hall/Financial Times.
- Sousa, C. S., Junior, J. M. V., Oliveira, R. F. P., dos Santos Oliveira, S., & de Queiroz Albuquerque, A. C. R. (2016). The Relevance Of Management Information System (Mis) For Decision-Making In Management Strategic Framework Of Enterprises. *ITEGAM-JETIA*, 2(6).
- Sreedharan V., R., S., R., Kannan S., S., P., A., & Trehan, R. (2018). Defect reduction in an electrical parts manufacturer: a case study. *The TQM Journal*, 30(6), 650–678.  
<https://doi.org/10.1108/TQM-03-2018-0031>
- Strotmann, C., Göbel, C., Friedrich, S., Kreyenschmidt, J., Ritter, G., & Teitscheid, P. (2017). A Participatory Approach to Minimizing Food Waste in the Food Industry—A Manual for Managers. *Sustainability*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/su9010066>

- Sundar, R., Balaji, A. N., & Satheesh Kumar, R. M. (2014). A review on lean manufacturing implementation techniques. *Procedia Engineering*, *97*, 1875–1885.  
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.341>
- Tahiduzzaman, M., Rahman, M., Dey, S. K., & Kapuria, T. K. (2018). Minimization of sewing defects of an apparel industry in Bangladesh with 5S & PDCA. *American Journal of Industrial Engineering*, *5*(1), 17–24.
- Walder, J., Karlin, J., & Kerk, C. (2007). Integrated Lean Thinking & Ergonomics: Utilizing Material Handling Assist Device. *Solutions for a Productive Workplace. An MHIA White Paper. Material Handling Industry of America Nov.*
- Webber, L., & Wallace, M. (2011). *Quality control for dummies*. John Wiley & Sons.
- Zhou, X.-Y., & Gosling, P. D. (2018). Influence of stochastic variations in manufacturing defects on the mechanical performance of textile composites. *Composite Structures*, *194*, 226–239.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2018.04.003>

## LAMPIRAN

### 1. Pengkodean *Back End* aplikasi visualisasi matriks relay

```
import { useState, useEffect } from 'react'
import axios from "axios";
import HeaderPOS from '../components/HeaderPOS';
import FooterPOS from '../components/FooterPOS';
import ImageRelay from '../components/ImageRelay'
export default function Dummy() {

  const [timer, setTimer] = useState(120)

  const [data, setData] = useState({})

  const [id, setId] = useState(0)

  const [max, setMax] = useState(0)

  function getSensorData(id){
    axios.get(`http://127.0.0.1:5500/data/${id}`)
    .then(response => {
      if (response.data.success == true){
        setData({
          'no_seq': response.data.data.no_seq,
          'code_relay': response.data.data.code_relay
        })
      }else{
        setId(max)
        console.log(max)
        console.log(response.data.success)
      }
    }
  );
}

  function getMax(){
    axios.get(`http://127.0.0.1:5500/datamax`)
    .then(response => setMax(response.data.data - 1));
  }

  function timerCountdown(){
    setTimer(timer-1)
  }
}
```

```

}

function prev(){
  if (id > 0){
    getSensorData(id-1)
    setId(id-1)
    setTimer(120)
  }
}

function next(){
  getSensorData(id+1)
  setId(id+1)
  setTimer(120)
}

useEffect(() => {
  getSensorData(id)
  getMax()
}, [])

useEffect(() => {
  const interval = setInterval(() => {
    if (timer > 0){
      timerCountdown()
    }else{
      getSensorData(id+1)
      setId(id+1)
      setTimer(120)
    }
  }, 1000)

  return () => clearInterval(interval)
})

return (
  <div className='gap-10'>
    <HeaderPOS seq={data.no_seq} relay_code={data.code_relay}/>
    <ImageRelay prev={prev} next={next} code_relay={data.code_relay}/>
    <FooterPOS takttime={timer} />
  </div>

```

## 2. Pengkodean *Front End* aplikasi visualisasi matriks relay

```
import { useState, useEffect } from 'react'
import axios from "axios";
import HeaderPOS from '../components/HeaderPOS';
import FooterPOS from '../components/FooterPOS';
import ImageRelay from '../components/ImageRelay'
export default function Dummy() {

  const [timer, setTimer] = useState(120)

  const [data, setData] = useState({})

  const [id, setId] = useState(0)

  const [max, setMax] = useState(0)

  function getSensorData(id){
    axios.get(`http://127.0.0.1:5500/data/${id}`)
    .then(response => {
      if (response.data.success == true){
        setData({
          'no_seq': response.data.data.no_seq,
          'code_relay': response.data.data.code_relay
        })
      }else{
        setId(max)
        console.log(max)
        console.log(response.data.success)
      }
    }
  );
}

  function getMax(){
    axios.get(`http://127.0.0.1:5500/datamax`)
    .then(response => setMax(response.data.data - 1));
  }

  function timerCountdown(){
    setTimer(timer-1)
  }
}
```

```

function prev(){
  if (id > 0){
    getSensorData(id-1)
    setId(id-1)
    setTimer(120)
  }
}

function next(){
  getSensorData(id+1)
  setId(id+1)
  setTimer(120)
}

useEffect(() => {
  getSensorData(id)
  getMax()
}, [])

useEffect(() => {
  const interval = setInterval(() => {
    if (timer > 0){
      timerCountdown()
    }else{
      getSensorData(id+1)
      setId(id+1)
      setTimer(120)
    }
  }, 1000)

  return () => clearInterval(interval)
})

return (
  <div className='gap-10'>
    <HeaderPOS seq={data.no_seq} relay_code={data.code_relay}/>
    <ImageRelay prev={prev} next={next} code_relay={data.code_relay}/>
    <FooterPOS takttime={timer} />
  </div>
)
}

```

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Bekasi, 17 Agustus 2000, merupakan anak pertama dari enam bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDS PB Soedirman pada tahun 2006–2012, SMPN 49 Jakarta pada tahun 2012-2015 dan SMAN 39 Jakarta pada tahun 2015-2018. Setelah lulus dari jenjang pendidikan SMA pada tahun 2018, Penulis mengikuti SBMPTN dan diterima di Departemen Teknik Mesin FTIRS - ITS pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 02111840000110.

Selama menuntut ilmu perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan kemahasiswaan baik organisasi maupun kepanitiaan. Pada tahun kedua perkuliahan penulis aktif sebagai pengurus Departemen Keprofesian dan Kepemanduan Mahasiswa Himpunan Mahasiswa Mesin FTIRS-ITS dan pengurus Departemen Syiar Kreatif pada LKKI Ash-Shaff. Pada tahun ketiga perkuliahan penulis aktif sebagai pengurus Departemen Karya Himpunan Mahasiswa Mesin FTIRS-ITS. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Perpindahan Panas

Dengan diterbitkannya Tugas Akhir ini, besar harapan penulis agar dapat bermanfaat bagi dunia pendidikan. Apabila terdapat masukan dan pertanyaan pada tugas akhir ini dapat menghubungi e-mail: [daffaap17@gmail.com](mailto:daffaap17@gmail.com)