

**ANALISIS DAN USULAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRODUKSI
PADA LINE DBR MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE
(Studi Kasus Perusahaan *Electronics Manufacturing*)**

TUGAS AKHIR

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



Nama : Rifa Damayanti
No. Mahasiswa : 22522080

**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, 22 April 2026



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Rifa'.

(Rifa Damayanti)
22522080

SURAT BUKTI PENELITIAN

Confidential



PT. YAMAHA ELECTRONICS MANUFACTURING INDONESIA
Kawasan Industri PIER (Kawasan Berikat Nusantara) Jl. Rembang Industri II/9 - 11, Mojoparón - Rembang
PASURUAN 67152 - INDONESIA Telp. : 62 - 343 - 740294 (Hunting 4 Lines) Fax. : 62 - 343 - 740262

SURAT KETERANGAN MAGANG

No: 010/YEMI/HR/INTERNSHIP/XII/2025

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Helmi
Jabatan : Manajer
Departemen : Human Resource & General Affair

Dengan ini menerangkan bahwa:

Nama : Rifa Damayanti
NIM : 22522080
Program Studi : Teknik Industri
Instansi : Universitas Islam Indonesia

Telah melaksanakan kegiatan Magang/Praktik Kerja Lapangan (PKL) di:

Perusahaan : PT Yamaha Electronics Manufacturing Indonesia
Alamat : Kawasan Industri PIER, Jl. Rembang Industri II No. 09-11,
Mojoparón, Rembang, Kab. Pasuruan.
Departemen : Human Resources & General Affairs (HRGA)
Periode : 22 September 2025 s/d 31 Desember 2025

Selama menjalani kegiatan magang/PKL, yang bersangkutan menunjukkan kinerja yang baik dengan selalu bersikap disiplin dan menaati tata tertib perusahaan, serta berperan aktif memberikan kontribusi positif dalam berbagai kegiatan divisi terkait.

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Pasuruan, 31 Desember 2025

PT YAMAHA ELECTRONICS MANUFACTURING INDONESIA



LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING
ANALISIS DAN USULAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRODUKSI PADA
LINE DBR MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE
(Studi Kasus Perusahaan *Electronics Manufacturing*)



Yogyakarta, 06 Mei 2026

Dosen Pembimbing

(Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc.)

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI
ANALISIS DAN USULAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRODUKSI PADA
LINE DBR MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE
(Studi Kasus Perusahaan *Electronics Manufacturing*)

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Rifa Damayanti

No. Mahasiswa : 22 522 080

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

Yogyakarta, 05 - Mei - 2026

Tim Penguji

Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc
 Ketua

Dr. Joko Sulistio, S.T., M.Sc., M.T
 Anggota I

Wahyudhi Sutrisno, S.T., M.M., M.T
 Anggota II



(Handwritten signatures of the examiners)

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



(Handwritten signature of the Dean)

Ir. Muhammad Ridwan Andi Purnomo, S.T., M.Sc., Ph.D., IPM.

NIK. 015220101

HALAMAN PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirahim

Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, atas segala doa, dukungan, dan kasih sayang yang tidak pernah terputus dalam setiap proses yang penulis jalani. Setiap langkah dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kekuatan doa dan kepercayaan yang mereka berikan, terutama di saat-saat sulit yang harus dilalui. Selain itu, penulis juga mempersembahkan karya ini kepada keluarga serta orang-orang terdekat yang selalu hadir memberikan semangat, dukungan, dan menemani penulis hingga mampu menyelesaikan apa yang telah dimulai.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya.”

(Al-Baqarah: 286)

“Lakukan yang terbaik, dan selesaikan apa yang telah dimulai, meskipun tidak mudah.”

(Mama Penulis)

“Aku mengabulkan permohonan orang yang berdoa apabila ia berdoa kepada-Ku.”

(Al-Baqarah: 186)

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabaraakaatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir berjudul “ANALISIS DAN USULAN PERBAIKAN KUALITAS PROSES PRODUKSI PADA LINE DBR MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA DAN POKA YOKE (Studi Kasus Perusahaan Electronics Manufacturing)” dengan baik. Sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan para sahabat.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 pada Program Studi Teknik Industri, Universitas Islam Indonesia. Penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat serta menambah wawasan bagi pembaca. Dalam penyusunan laporan ini, penulis menyadari adanya dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hari Purnomo, M.T., IPU., ASEAN.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc selaku Ketua Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
3. 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.
4. Bapak Dr. Agus Mansur, S.T., M.Eng.Sc. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan dan sabar memberikan arahan serta bimbingan kepada penulis dan juga memberikan kesempatan bagi penulis untuk belajar dan berkembang selama masa pengerjaan Tugas Akhir.
5. Bapak Wahyudi Sutrisno, S.T., M.M., M.T. yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melaksanakan kegiatan magang di Perusahaan *Electronics Manufacturing* serta memberikan kepercayaan dan dukungan kepada penulis selama kegiatan berlangsung.
6. Bapak Nashrullah Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing selama kegiatan magang yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan kepada penulis selama pelaksanaan kegiatan.
7. Bapak Suhadak, leader, subleader, dan seluruh karyawan di Perusahaan *Electronics Manufacturing* yang telah membantu penulis selama pelaksanaan penelitian serta memberikan dukungan, pengalaman, dan pembelajaran yang sangat berharga bagi penulis.
8. Kedua orangtua penulis, Bapak Anto dan Ibu Tari serta Mbak La yang secara tulus dan tiada henti selalu mendoakan, memberikan kasih sayang, perhatian, dan selalu memberikan dukungan dari segala aspek hingga saat ini.
9. Dana yang selalu hadir menemani, memberikan dukungan, semangat, serta mendengarkan keluh kesah penulis selama proses penyusunan Tugas Akhir hingga dapat terselesaikan dengan baik.
10. Sahabat penulis sejak semester 1, yaitu Manda, Tata, Asti, Nasha, Farah, Sani, Syahda, teman-teman SMA Princess, serta teman-teman SMP Cantek Kali yang selalu memberikan doa, dukungan, semangat, dan kebersamaan kepada penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan Tugas Akhir ini.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan namanya satu-persatu, penulis ucapkan terima kasih dan semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian serta senantiasa memberikan rezeki yang melimpah.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih terdapat kekurangan dan jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi tambahan ilmu pengetahuan bagi para pembaca. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 19 April 2026



(Rifa Damayanti)
22522080

ABSTRAK

Perusahaan *Electronics Manufacturing* merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi komponen elektronik. Dalam proses produksinya, masih ditemukan permasalahan kualitas berupa *defect* Broken/Scratch LED pada line DBR. Berdasarkan data produksi selama periode pengamatan, jumlah *defect* yang terjadi meskipun relatif kecil tetap menjadi perhatian karena dapat mempengaruhi kualitas produk serta berpotensi menimbulkan kerugian akibat rework. Selain itu, ketidakstabilan proses juga terlihat dari fluktuasi nilai sigma dan adanya variasi proses yang belum terkendali. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penyebab terjadinya *defect* serta memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan kualitas proses produksi. Metode yang digunakan adalah Six Sigma dengan pendekatan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) serta penerapan konsep Poka Yoke sebagai solusi perbaikan. Pada tahap Measure, dilakukan perhitungan DPMO dan nilai sigma untuk mengetahui kapabilitas proses. Tahap Analyze dilakukan menggunakan diagram Pareto dan fishbone untuk mengidentifikasi penyebab utama *defect*. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor mekanikal, khususnya pergeseran posisi rear panel dan tidak adanya mekanisme pengunci pada jig, menjadi penyebab dominan terjadinya *defect*. Pada tahap Improve, diusulkan perancangan jig berbasis Poka Yoke dengan penambahan pin positioning untuk menjaga kestabilan posisi komponen selama proses assembly. Berdasarkan hasil benchmarking terhadap line lain yang telah menggunakan konsep serupa, diperoleh potensi penurunan *cycle time* dari 3,51 menit menjadi 2,46 menit atau sekitar 29,9%. Selain itu, perbaikan yang diusulkan secara konseptual mampu mengurangi potensi *defect* yang disebabkan oleh faktor mekanikal. Dengan demikian, usulan perbaikan diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses serta kualitas produk secara keseluruhan.

Kata Kunci: Six Sigma, DMAIC, Poka Yoke, *Defect*, Kualitas, Cycle Time

DAFTAR ISI

SURAT BUKTI PENELITIAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	viii
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Kajian Literatur.....	6
2.2 Landasan Teori.....	14
2.2.1 Definisi Kualitas	14
2.2.2 Pengendalian Kualitas (Quality Control).....	15
2.2.3 Six Sigma DMAIC.....	15
2.2.4 <i>Statistical Process Control</i> (SPC).....	19
2.2.5 Fishbone.....	20
2.2.6 POKA-YOKE	21
BAB III METODE PENELITIAN	22
3.1 Objek Penelitian.....	22
3.2 Teknik Pengumpulan Data	22
3.2.1 Jenis Data	22
3.2.2 Metode Pengumpulan Data.....	23
3.3 Alur Penelitian	24
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	27
4.1 Pengumpulan Data	27
4.1.1 Profil Perusahaan	27
4.1.2 Operasional Jam Kerja	27
4.1.3 Hasil Produksi Perusahaan.....	28
4.1.4 Proses Produksi.....	29
4.1.5 Data Jumlah Produksi	31
4.1.6 Data Jenis Cacat Product	31
4.1.7 <i>Cycle time</i> Proses Rear Panel & HS Amps Assy	32
4.2 Pengolahan Data	33
4.2.1 Define.....	33
4.2.2 Measure.....	35
4.2.3 Analyze	41
4.2.3.1 Diagram Pareto	42
4.2.3.2 Fishbone Diagram.....	43
4.2.4 Improve	44
4.2.5 Control	45
BAB V PEMBAHASAN.....	46

5.1	Define.....	46
5.1.1	Analisis Diagram SIPOC	46
5.1.2	Analisis CTQ (<i>Critical To Quality</i>)	47
5.2	Measure.....	48
5.2.1	Analisis Nilai <i>Defect Per Million Opportunities</i> (DPMO).....	48
5.2.2	Analisis Nilai Sigma	49
5.2.3	Analisis Peta Kendali	50
5.3	Analyze	51
5.3.1	Analisis Diagram Pareto	51
5.3.2	Analisis Fishbone Diagram.....	52
5.4	Improve	54
5.4.1	Poka Yoke	54
5.4.2	Analisis Biaya Implementasi Jig.....	57
5.4.3	Implementasi Awal dan Uji Coba Jig.....	58
5.4.4	Dampak Poka-Yoke terhadap Efisiensi dan <i>Defect</i>	59
5.5	Control	60
5.5.1	Rencana Pengendalian Proses.....	60
5.5.2	Keterbatasan Implementasi	61
5.5.3	Potensi Dampak terhadap Peningkatan Kinerja Proses (Six Sigma)	62
BAB VI PENUTUP		63
6.1	Kesimpulan	63
6.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA.....		65
LAMPIRAN.....		A-1

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	12
Tabel 2. 2 Konversi DPMO ke Nilai Six Sigma	18
Tabel 4. 1 Operasional Jam Kerja	27
Tabel 4. 2 Jumlah Produksi 3 Bulan	31
Tabel 4. 3 Jenis dan Jumlah Cacat 3 Bulan.....	31
Tabel 4. 4 Jenis Cacat 3 Bulan	34
Tabel 4. 5 Perhitungan Nilai Six Sigma.....	36
Tabel 4. 6 Tabel Konversi DPMO ke Nilai Six Sigma	37
Tabel 4. 7 Perhitungan Peta kendali Periode 3 Bulan.....	39
Tabel 4. 8 Perhitungan Diagram Pareto	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jenis Line	2
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	24
Gambar 4. 1 Diagram SIPOC	35
Gambar 4. 2 Grafik DPMO.....	37
Gambar 4. 3 Grafik Nilai Six Sigma.....	38
Gambar 4. 4 Grafik Peta Kendali.....	40
Gambar 4. 5 Diagram Pareto	43
Gambar 4. 6 Diagram Fishbone	43
Gambar 4. 7 Before Jig Kayu	44
Gambar 4. 8 Proses Pemasangan Jig After	45
Gambar 5. 1 After Jig Pin	55
Gambar 5. 2 Proses Pemasangan Jig After	55

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

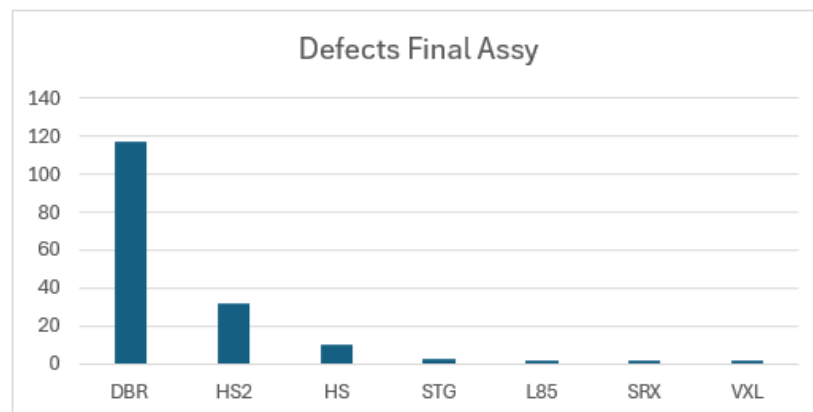
Kemajuan sektor manufaktur mengharuskan perusahaan mempertahankan standar kualitas serta kestabilan dalam proses produksi, sehingga mampu memenuhi permintaan pelanggan dengan akurat dan sesuai jadwal. Kualitas menjadi aspek penting dalam kelangsungan bisnis karena produk yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan rework, keterlambatan pengiriman, hingga menurunnya kepercayaan konsumen. Pada era manufaktur saat ini, konsep kualitas mencakup tidak hanya hasil akhir, melainkan juga efektivitas proses dalam menciptakan produk yang stabil dan sesuai dengan harapan konsumen guna meningkatkan daya saing perusahaan (Antony et al., 2017).

Pengendalian kualitas merupakan serangkaian tindakan sistematis yang diterapkan perusahaan untuk mengendalikan dan memperbaiki proses produksi guna mencegah terjadinya penyimpangan serta meminimalkan munculnya produk cacat. Pendekatan pengendalian kualitas menekankan pentingnya pengendalian proses dan perbaikan berkelanjutan sebagai bagian dari sistem manajemen kualitas dalam industri manufaktur (Condé et al., 2022). Tingginya tingkat kecacatan produk umumnya disebabkan oleh faktor internal seperti kesalahan manusia, variasi proses, kurangnya pengawasan, serta tekanan target produksi yang tinggi (Antony et al., 2022). Produk cacat yang tidak sesuai standar berisiko menyebabkan kerugian besar pada perusahaan, akibat naiknya biaya operasional, bertambahnya pekerjaan perbaikan ulang (*rework*), dan terganggunya kelancaran jalur produksi (D. Singh et al., 2017).

Industri elektronik merupakan salah satu sektor manufaktur yang sangat rentan terhadap permasalahan kualitas. Proses perakitan elektronik melibatkan komponen-komponen berukuran kecil dengan toleransi dimensi yang sempit, sehingga ketelitian operator menjadi faktor penentu utama kualitas produk akhir. Berbeda dengan industri manufaktur berat yang umumnya mengandalkan otomasi penuh, proses perakitan elektronik audio masih banyak bergantung pada pekerjaan manual, terutama pada tahap pemasangan komponen yang memerlukan presisi tinggi. Karakteristik proses yang demikian menjadikan pengendalian kualitas sebagai aspek yang tidak dapat diabaikan, karena satu kesalahan kecil dalam proses pemasangan komponen dapat berdampak langsung pada fungsi dan tampilan produk akhir. Oleh karena itu, identifikasi sumber kecacatan secara sistematis menjadi kebutuhan mendasar bagi perusahaan elektronik yang ingin mempertahankan konsistensi kualitas produknya (Antony et al., 2017).

Perusahaan *Electronics Manufacturing* merupakan perusahaan yang bergerak dalam produksi perangkat audio profesional, seperti *speaker* dan modul elektronik. Proses produksi berlangsung pada beberapa line di area *Final Assembly*, di mana setiap line menangani produk dengan jenis dan spesifikasi yang berbeda-beda. Sebagai perusahaan yang beroperasi dalam segmen audio profesional, konsistensi kualitas produk menjadi faktor krusial untuk mempertahankan kepercayaan pelanggan dan daya saing di pasar. Gangguan pada proses produksi, seperti tingginya jumlah produk cacat, tidak hanya berdampak pada biaya operasional, tetapi juga berpotensi memengaruhi reputasi perusahaan apabila produk cacat lolos hingga ke tangan konsumen akhir.

Berdasarkan data perbandingan jumlah *defect* antar line produksi pada area *Final Assembly* yang mencakup delapan line aktif, diperoleh gambaran yang jelas mengenai distribusi kecacatan di seluruh lini produksi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.1 berikut.



Gambar 1. 1 Jenis Line

Berdasarkan gambar diatas, terlihat bahwa Line DBR mencatat jumlah defect sebesar 117 unit, jauh melampaui line lainnya. Line HS2 berada di posisi kedua dengan 32 unit, disusul Line HS sebesar 10 unit, sementara Line STG, L85, SRX, VXL, dan YDS masing-masing mencatat defect di bawah 5 unit. Secara keseluruhan, Line DBR menyumbang sekitar 68% dari total seluruh defect yang terjadi di area *Final Assembly*. Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan kualitas yang terjadi pada line tersebut cenderung bersifat berulang dan tidak hanya disebabkan oleh variasi proses yang bersifat acak, sehingga mengindikasikan adanya faktor penyebab yang lebih mendasar. Kondisi ini menjadikan Line DBR sebagai prioritas utama untuk dilakukan analisis dan perbaikan, karena penurunan defect pada line dengan

kontribusi terbesar akan memberikan dampak paling signifikan terhadap kualitas produksi secara keseluruhan.

Pada Line DBR, terdapat beragam jenis kecacatan yang teridentifikasi dalam proses perakitan, mulai dari *Broken/Scratch*, *Power Off*, *Electrical Error*, hingga berbagai jenis cacat lainnya. Di antara seluruh jenis kecacatan tersebut, *Broken/Scratch* pada LED menjadi kecacatan yang paling dominan. Kecacatan ini terjadi pada proses *Rear Panel & HS Amps Assy*, yaitu saat panel dipasangkan ke posisi LED. Proses ini mengandalkan ketelitian visual operator dalam menyelaraskan posisi panel dengan lubang LED, tanpa adanya mekanisme penahan atau panduan fisik yang memastikan panel terpasang pada posisi yang tepat. Akibatnya, panel berpotensi bergeser saat ditekan, sehingga LED yang posisinya rapat dan bersifat sensitif terhadap tekanan menjadi rentan mengalami *Broken/Scratch*. Kecacatan ini berdampak langsung pada peningkatan aktivitas *rework* dan inspeksi ulang, yang pada akhirnya mengganggu kelancaran proses produksi serta menurunkan kualitas produk akhir.

Dampak dari tingginya jumlah *defect* pada Line DBR tidak hanya dirasakan pada aspek teknis produksi, tetapi juga membawa konsekuensi yang lebih luas bagi perusahaan. Dari sisi operasional, setiap unit yang mengalami kecacatan memerlukan proses *rework* yang membutuhkan waktu, tenaga, dan material tambahan. Hal ini menyebabkan peningkatan *cycle time* secara keseluruhan dan berpotensi mengganggu jadwal pengiriman produk kepada pelanggan. Dari sisi sumber daya manusia, operator yang seharusnya berfokus pada produksi harus mengalihkan perhatian untuk melakukan perbaikan, sehingga produktivitas lini secara keseluruhan menurun. Selain itu, tingginya frekuensi *rework* juga berpotensi meningkatkan kelelahan operator dan menurunkan motivasi kerja, yang pada akhirnya dapat memperparah masalah kualitas itu sendiri (D. Singh et al., 2017).

Dari sisi finansial, produk cacat yang tidak dapat diperbaiki akan menjadi scrap dan menyebabkan kerugian material secara langsung. Sementara itu, produk yang masih dapat diperbaiki melalui proses *rework* tetap menimbulkan biaya tambahan, baik dari tenaga kerja, waktu proses, maupun penggunaan material. Jika kondisi ini terus terjadi, maka biaya yang dikeluarkan akan semakin besar dan dapat menurunkan efisiensi produksi. Dari sisi non-finansial, apabila produk cacat tidak terdeteksi dan sampai ke konsumen, hal ini berpotensi menimbulkan komplain, pengembalian produk, serta menurunkan kepercayaan terhadap kualitas produk perusahaan (Condé et al., 2022).

Permasalahan ini perlu segera ditangani karena defect yang terjadi merupakan *self defect*, yaitu kecacatan yang muncul langsung pada lini produksi DBR dan baru terdeteksi pada tahap inspeksi akhir, bukan berasal dari proses sebelumnya. Jika kondisi ini terus dibiarkan, jumlah produk yang harus melalui proses rework akan meningkat, sehingga menambah beban kerja operator, memperpanjang waktu produksi, serta meningkatkan biaya operasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, permasalahan pada line DBR menunjukkan adanya kecacatan yang terjadi secara berulang, sehingga diperlukan analisis yang sistematis dan berbasis data untuk mengidentifikasi penyebab utama serta menentukan usulan perbaikan yang tepat. Jumlah defect yang belum menunjukkan tren penurunan yang konsisten juga menandakan bahwa permasalahan ini tidak dapat diatasi hanya dengan pengawasan rutin, melainkan memerlukan kajian lebih mendalam terhadap proses yang terlibat. Oleh karena itu, penelitian ini dirumuskan dalam beberapa pertanyaan sebagai berikut:

1. Seberapa tinggi tingkat DPMO dan level sigma proses perakitan di Line DBR milik Perusahaan *Electronics Manufacturing*?
2. Jenis cacat apa yang paling dominan terjadi pada Line DBR serta faktor penyebab utama terjadinya *defect* tersebut berdasarkan analisis fishbone?
3. Bagaimana usulan perbaikan untuk menurunkan *defect* utama pada proses perakitan Line DBR?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini meliputi:

1. Menghitung nilai DPMO serta level sigma pada proses perakitan di Line DBR.
2. Mengidentifikasi *defect* dominan serta menganalisis penyebab utamanya menggunakan diagram fishbone.
3. Memberikan usulan perbaikan untuk menurunkan *defect* utama pada proses perakitan Line DBR.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Bagi Perusahaan
 Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi bagi perusahaan dalam mengendalikan dan menurunkan jumlah *defect*, khususnya pada Line DBR, sehingga kualitas proses perakitan meningkat dan risiko rework dapat ditekan.
2. Bagi Peneliti

Penelitian ini memberikan kesempatan untuk memperdalam pemahaman mengenai penerapan Six Sigma dan Poka Yoke pada proses manufaktur elektronik, serta kemampuan dalam menganalisis kualitas produksi di dunia industri.

3. Bagi Peneliti Selanjutnya

Temuan dari penelitian ini bisa dijadikan acuan dalam pengembangan penelitian berikutnya terkait pengendalian kualitas, dan perbaikan proses.

1.5 Batasan Penelitian

Berikut merupakan batasan masalah pada penelitian ini:

1. Penelitian difokuskan pada satu jenis *defect* dominan yaitu Broken/Scratch pada LED berdasarkan hasil analisis Pareto.
2. Penelitian dibatasi pada tahapan DMAIC, di mana tahap *Improve* berupa usulan desain jig dan tahap *Control* masih pada tahap perencanaan.
3. Implementasi jig tidak dilakukan dalam lingkup penelitian ini, karena keputusan implementasi sepenuhnya berada di tangan perusahaan dan memerlukan proses persetujuan lintas departemen yang berada di luar kewenangan peneliti.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Literatur

Pencarian literatur dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui ScienceDirect dengan menggunakan kata kunci yang relevan dengan permasalahan di lapangan, seperti *defect*, *quality control*, *manufacturing quality*, *production defect*, dan *assembly process*. Proses pencarian tidak langsung berfokus pada metode tertentu, melainkan diawali dari fenomena permasalahan kualitas yang ingin dianalisis, sehingga diperoleh berbagai pendekatan yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya. Selanjutnya, hasil pencarian diseleksi berdasarkan kesesuaian topik dengan penelitian, tahun publikasi yang diprioritaskan pada rentang 2021- 2025, serta jumlah sitasi sebagai indikator kredibilitas dan kontribusi ilmiah dari masing-masing jurnal. Berdasarkan proses tersebut, diperoleh 19 jurnal yang dianggap paling relevan dan representatif sebagai landasan teoritis dalam penelitian ini.

Penggunaan metode Lean Six Sigma melalui tahapan DMAIC digunakan untuk meningkatkan kualitas proses kopi bubuk dalam penelitian oleh (Aziz et al., 2021). Penelitian ini menggunakan konsep DMAIC untuk mengidentifikasi, menganalisis, dan mengontrol cacat produk, dengan fokus pada masalah ketidakonsistenan berat produk (lebih dari 215 gram atau kurang dari 208 gram) yang menyumbang 77% dari total cacat. Akar penyebab utama masalah teridentifikasi pada variasi ukuran kopi bubuk yang tinggi, yang menyebabkan penyesuaian kecepatan auger filler berulang kali. Hasil penelitian ini memberikan usulan perbaikan menggunakan Poka Yoke yang dilakukan melalui peningkatan proses penyaringan (*sieving*) untuk memastikan ukuran kopi bubuk lebih kecil dan konsisten, sehingga meminimalkan cacat akibat variasi ukuran. Setelah penerapan, cacat produk berhasil ditekan menjadi 0% dengan distribusi berat produk mendekati ideal 208 gram.

Permasalahan kualitas produk akibat kesalahan proses manual dikaji dalam penelitian (Azizah et al., 2024) pada proses produksi tahu. Penelitian ini menggunakan konsep DMAIC dan menemukan bahwa *defect* dominan adalah potongan tahu tidak rata dengan persentase sebesar 21,5%. Akar penyebab masalah utama teridentifikasi pada penggunaan alat potong konvensional yang dilakukan secara manual. Penelitian ini menghasilkan rekomendasi perbaikan melalui Poka Yoke dalam bentuk desain alat pemotong tahu berupa pelat pisau dengan dimensi tetap (7 x 7 cm), yang bertujuan untuk menghilangkan kesalahan manusia dan variasi yang disebabkan oleh alat konvensional.

Upaya penurunan *reject rate* melalui pendekatan DMAIC dan Poka-Yoke dilakukan oleh (Tasyari et al., 2023) pada produk saus botol plastik. Penelitian ini sangat relevan karena berfokus pada penurunan dalam upaya menurunkan *reject rate* akibat masalah khusus, yaitu produk yang merembes mencapai 75% dari total *reject*. Analisis DMAIC menemukan akar penyebab masalah utamanya berasal dari faktor manusia berupa ketidaktepatan dalam proses inspeksi, faktor metode berupa SOP yang belum memadai, serta faktor mesin berupa ketidakakuratan timer. Adapun usulan perbaikan yang diajukan meliputi perbaikan SOP dengan langkah pengecekan mandiri, penambahan prosedur inspeksi kebocoran, serta kalibrasi ulang mesin. Metode Poka Yoke diterapkan untuk meminimalkan kesalahan manusia dalam proses inspeksi tersebut.

Pendekatan *Statistical Process Control* (SPC) digunakan untuk mengendalikan kualitas produk yang dianalisis oleh (Yusup, 2025) pada produksi papan plywood dekoratif. Penelitian ini relevan karena menggunakan Peta Kendali-P dan menemukan masalah *defect* yang mirip dengan goresan, yaitu noda kotor dan kertas luka, dengan persentase cacat mencapai 3,85%. Akar penyebab cacat ini disebabkan oleh ketidakstabilan bahan baku dan tidak adanya prosedur kerja standar. Adapun usulan rekomendasi perbaikan menekankan penguatan pengawasan material, standarisasi proses, dan pelatihan operator yang menjadi fondasi bagi penerapan Poka Yoke.

Pendekatan Six Sigma dengan integrasi Kaizen digunakan untuk mengendalikan kualitas produk ceplis dalam penelitian (Ramayanti & Latisa, 2025). Penelitian ini relevan karena bertujuan menurunkan tingkat kecacatan produk dengan mengukur kinerja proses menggunakan DPMO serta level sigma. Hasil penelitian memperlihatkan angka rata-rata DPMO yakni 17.245,76 serta level sigma 3,61, yang berada pada kategori rata-rata industri. Jenis cacat dominan adalah cacat tekstur dan warna, yang secara kumulatif mencapai lebih dari 96% dari total cacat. Usulan perbaikan dilakukan melalui penerapan Five M-Checklist dan analisis 5W+1H, seperti pengaturan waktu istirahat pekerja, peningkatan inspeksi bahan baku, dan perbaikan metode kerja, yang menunjukkan bahwa Six Sigma dan Kaizen terbukti ampuh dalam mengendalikan kualitas produk.

Penerapan gabungan antara metode Six Sigma, SMED, serta Poka-Yoke dalam proses perakitan dikaji oleh (Dongo Moreno et al., 2023) pada perusahaan Infotec. Penelitian ini relevan karena berfokus pada peningkatan kualitas proses dan pengurangan kesalahan perakitan melalui analisis Pareto, VSM, dan simulasi Arena. Hasil penelitian menunjukkan

adanya penurunan waktu proses sebesar 38,07%, dari 2,39 jam menjadi 1,48 jam, serta peningkatan indikator kinerja seperti assembly efficiency dan assembly service quality. Implementasi Poka Yoke juga berhasil mengurangi kesalahan pemasangan komponen dan keluhan pelanggan, sehingga metode yang digunakan terbukti efektif dalam meningkatkan kinerja dan kualitas proses perakitan.

Pengendalian kualitas proses pengelasan untuk meminimalkan kesalahan manusia menjadi fokus penelitian (Yusuf & Halim, 2023) pada proses stationary spot welding di industri otomotif. Penelitian ini menggunakan metodologi Six Sigma melalui pendekatan DMAIC serta perancangan poka-yoke jig untuk mengatasi cacat berupa missing spot dan wrong spot position. Hasil implementasi menunjukkan bahwa poka-yoke jig mampu menstabilkan proses produksi dan menghilangkan cacat akibat kesalahan operator, sehingga kualitas dan konsistensi proses pengelasan dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

Pendekatan Lean Six Sigma yang dipadukan dengan aspek ergonomi dianalisis oleh (Vicente et al., 2024) untuk meningkatkan kinerja proses dan kualitas kerja operator. Penelitian ini relevan karena menekankan pengendalian kualitas dan perbaikan berkelanjutan melalui tahapan DMAIC yang didukung oleh alat analisis seperti diagram fishbone, *failure mode and effect analysis* (FMEA) dan implementasi Poka Yoke sebagai upaya pencegahan kesalahan. Temuan dari penelitian tersebut membuktikan metode tersebut mampu menurunkan waktu tunggu proses hingga 97%, sekaligus mengurangi tingkat kesalahan operasional dan beban kerja operator secara signifikan. Temuan ini membuktikan bahwa Lean Six Sigma yang dipadukan dengan ergonomi dan error proofing efektif dalam mendukung continuous improvement serta meningkatkan stabilitas dan kualitas proses secara berkelanjutan.

Penerapan Six Sigma sebagai sistem manajemen kualitas dalam industri jasa dikaji oleh (Zheng, 2024). Studi ini menekankan bahwa Six Sigma bukan sekedar alat pengendalian kualitas berbasis data, melainkan juga sebagai sistem manajemen yang mendukung perbaikan berkelanjutan melalui tahapan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). Hasil kajian membuktikan bahwa penerapan Six Sigma mampu menurunkan tingkat kesalahan proses, meningkatkan efisiensi operasional, serta memperkuat daya saing organisasi jasa, meskipun implementasinya menghadapi tantangan terkait kompleksitas proses dan kesulitan pengukuran kualitas layanan.

Integrasi Six Sigma DMAIC dengan Business Process Management dalam konteks manufaktur dianalisis oleh (Oliveira et al., 2024) pada produksi baling-baling turbin angin.

Metodologi ini melibatkan pengumpulan data, analisis proses menggunakan BPMN, identifikasi cacat utama dengan diagram Pareto, serta penentuan akar masalah melalui diagram fishbone. Selain itu, strategi poka-yoke diterapkan melalui panduan visual bagi pekerja dan papan kualitas untuk mencegah kesalahan operasional. Hasil implementasi menunjukkan penurunan total cacat per baling-baling sebesar $\pm 30\%$ dan pengurangan waktu perbaikan sebesar 14%, sementara sigma level meningkat lebih dari 100%. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi Six Sigma, pemodelan proses, dan teknik pencegahan kesalahan efektif dalam mendukung perbaikan berkelanjutan dan meningkatkan efisiensi serta kualitas proses secara signifikan.

Metode Lean Six Sigma diterapkan untuk mendeteksi ketidakefisiensi proses dan risiko kualitas pada produksi panci aluminium daur ulang dalam penelitian (Ngouono et al., 2025) di lima workshop artisanal di Kamerun. Data lapangan menunjukkan pencairan 1 kg aluminium membutuhkan 8640 s, dan pasir cetak menurun kualitasnya setelah 90 siklus penggunaan. Analisis kimia pada 45 sampel mengungkap 66,6% melebihi batas timbal 0,05%, sementara ketebalan dinding, kekerasan, dan kekuatan impak sebagian besar sesuai standar. Penerapan Lean Six Sigma memungkinkan pengurangan waktu siklus hingga 18,7% dan penurunan produk cacat 24–30%, sekaligus meningkatkan konsistensi dan keselamatan produk.

Upaya pengurangan waste dan peningkatan efisiensi proses produksi melalui Lean Six Sigma dikaji oleh (Widiwati et al., 2025) pada proses produksi mooncake. Fase DMAIC diperkaya dengan alat bantu analisis seperti *Value Stream Mapping (VSM)*, diagram pareto, *control chart*, *Root Cause Analysis (RCA)*, serta *Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)*, ditambah penerapan 5S serta *preventive maintenance* untuk meminimalkan kesalahan dan kehilangan produk. Berdasarkan hasil penelitian, penerapan metode tersebut berhasil meningkatkan nilai *Process Cycle Efficiency (PCE)* dari 66,19% menjadi 70,98%. Selain itu, waktu siklus turun dari 0,498 s/pes menjadi 0,486 s/pes, sementara jumlah produk terbuang karena waste menyusut dari 25.146 ke 12.508 unit. Ini menandakan bahwa Lean Six Sigma efektif mendukung *continuous improvement*, meminimalkan waste, dan meningkatkan kualitas serta efisiensi proses produksi.

Kombinasi penerapan Lean Management dan Six Sigma dalam konteks manufaktur jangka menengah dianalisis oleh (Abualsauod, 2025) melalui studi longitudinal selama dua tahun pada 20 perusahaan manufaktur. Penelitian ini menggunakan tahapan DMAIC, alat analisis seperti FMEA, Poka-Yoke, value stream mapping, serta pelatihan karyawan dan

dukungan kepemimpinan untuk mengurangi tingkat cacat dan meningkatkan efisiensi produksi. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa penerapan metode tersebut menghasilkan *defectrate* rata-rata 3,18% serta laju produksi 134,08 unit/jam, dengan kepuasan pelanggan rata-rata 7,33/10. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi Lean dan Six Sigma efektif dalam mendukung continuous improvement, meningkatkan kualitas produk, serta memperkuat efisiensi operasional secara berkelanjutan.

Pendekatan Lean Six Sigma yang dipadukan dengan analisis data berbasis teks dievaluasi oleh (Chen et al., 2025) untuk meningkatkan kinerja produksi pada lini pengemasan. Penelitian ini menggunakan framework DMAIC yang didukung oleh alat analisis seperti Pareto chart, OEE (Overall Equipment Effectiveness), dan Poka-yoke untuk mendeteksi serta mencegah kesalahan operasional. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah implementasi perbaikan selama 12 minggu, OEE meningkat dari 71% menjadi 84%, downtime peralatan menurun, dan stabilitas produksi meningkat secara signifikan. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi Lean Six Sigma dengan analisis data berbasis teks dan metode pencegahan kesalahan efektif dalam mendukung continuous improvement, sekaligus memberikan pendekatan data-driven untuk mengoptimalkan operasi produksi.

Integrasi Lean Manufacturing dengan teknologi Industry 4.0 dikaji oleh (Rasool et al., 2025) pada lini produksi daur ulang PET. Penelitian ini menggunakan tahapan DMAIC untuk menganalisis proses saat ini melalui Value Stream Mapping, mengidentifikasi bottleneck pada tahap sortasi manual (*defect rate* 67%) dan pengeringan, lalu merancang perbaikan menggunakan computer vision berbasis robot, microwave drying, dan pull system dengan Kanban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi metode ini menurunkan *defect rate* hingga 2%, meningkatkan efisiensi sistem dari 0,02% menjadi 15,93%, memperpendek *cycle time* sortasi dari 33 s/kg menjadi 3,6 s/kg, dan memperbaiki keseluruhan produktivitas proses. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi Lean Manufacturing dengan teknologi cerdas dan error-proofing efektif dalam mendukung continuous improvement serta meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi secara signifikan.

Penerapan alat pengendalian kualitas dan analisis cacat dalam lingkungan kerja inklusif dikaji oleh (Antonelli et al., 2024) pada proses manufaktur yang melibatkan pekerja dengan disabilitas. Penelitian ini memanfaatkan diagram Ishikawa, Value Stream Mapping, dan prinsip continuous improvement untuk mengidentifikasi hambatan proses. Selain itu, Poka-Yoke digunakan untuk mencegah kesalahan operasional, sedangkan prinsip Continuous

Improvement diterapkan untuk mengoptimalkan alur kerja dan mendukung penyesuaian berkelanjutan. Hasil studi menunjukkan bahwa integrasi metode ini berhasil mengurangi hambatan proses, meningkatkan kualitas pekerjaan, dan menciptakan lingkungan kerja yang inklusif, sekaligus meningkatkan efisiensi dan partisipasi pekerja dengan disabilitas secara signifikan.

Penelitian (Filippi et al., 2024) mengenai implementasi *Total Quality Management* (TQM) menekankan pentingnya interaksi antara elemen benchmarking dan improvement tools dalam menciptakan siklus perbaikan berkelanjutan. Studi tersebut menunjukkan bahwa benchmarking tools seperti standar operasional dan pengukuran *defect* berfungsi sebagai acuan kinerja, sementara improvement tools mendorong eksplorasi solusi alternatif dan pengurangan kesenjangan terhadap standar. Melalui mekanisme umpan balik formal dan berbagi pengetahuan antar tim, praktik yang terbukti lebih efektif dapat diinstitusionalisasikan sebagai standar baru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi elemen hard dan soft dalam TQM mampu mendorong continuous improvement dan pembentukan budaya kualitas secara menyeluruh dalam organisasi. Namun, pendekatan ini berfokus pada penguatan sistem dan budaya kualitas jangka panjang, sehingga penelitian ini memanfaatkan metode Six Sigma lewat pendekatan DMAIC yang sistematis dan berbasis data guna mengidentifikasi serta menurunkan *defect* tertentu pada lini produksi.

Langkah penguatan kualitas lainnya dapat dilakukan melalui penerapan *Total Quality Management* (TQM) dan *Total Productive Maintenance* (TPM). Penelitian (Sahoo & Yadav, 2020) menunjukkan bahwa implementasi TQM maupun TPM secara terpisah mampu meningkatkan kinerja operasional perusahaan manufaktur, sementara kombinasi TPM×TQM memberikan dampak paling kuat terhadap produktivitas, kualitas produk, dan efisiensi biaya. Hasil ini menegaskan bahwa TQM efektif dalam meningkatkan kualitas melalui penguatan sistem organisasi, budaya kerja, dan manajemen perawatan. Namun, pendekatan tersebut lebih berfokus pada peningkatan kinerja operasional secara umum, berbeda dengan penelitian ini yang menggunakan metode Six Sigma dengan tahapan DMAIC serta Poka-Yoke untuk mengidentifikasi dan meminimalkan cacat secara spesifik pada proses produksi.

Penelitian oleh (Barragán et al., 2025) mengkaji efektivitas sistem *Total Quality Management* (TQM) dalam mendeteksi *defect* melalui evaluasi akurasi pengukuran kualitas oleh operator produksi dibandingkan dengan hasil laboratorium. Dengan pendekatan Knowledge Discovery in Databases (KDD) dan model machine learning, penelitian tersebut

mengidentifikasi variabel dengan tingkat akurasi rendah yang berkontribusi terhadap tingginya internal dan external complaints. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendahnya akurasi pengukuran operator dapat menyebabkan kegagalan sistem dalam mendeteksi *defect* secara dini. Berbeda dengan penelitian tersebut yang berfokus pada monitoring efektivitas sistem kualitas, penelitian ini lebih menitikberatkan pada upaya reduksi *defect* melalui pendekatan perbaikan proses menggunakan metode DMAIC.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Metode					
	Six Sigma/ DMAIC	TQM	Quality Control & <i>Defect</i> Analysis	Pareto & Fishbone	Poka Yoke	Continuous Improvement
(Aziz et al., 2021)	√		√	√	√	√
(Azizah et al., 2024)	√		√	√	√	√
(Tasyari et al., 2023)	√		√	√	√	√
(Yusup, 2025)			√	√		√
(Ramayanti & Latisa, 2025)	√		√	√		√
(Yusuf & Halim, 2023)	√		√		√	√
(Dongo Moreno et al., 2023)	√		√	√	√	√
(Vicente et al., 2024)	√		√	√	√	√
(Zheng, 2024)	√		√			√

(Oliveira et al., 2024)	√		√	√	√	√
(Ngouono et al., 2025)	√		√	√		√
(Widiwati et al., 2025)	√		√	√		√
(Abualsauod, 2025)	√		√	√	√	√
(Filippi et al., 2024)		√	√			√
(Sahoo & Yadav, 2020)		√	√			√
(Barragán et al., 2025)		√	√			√
(Chen et al., 2025)	√		√	√	√	√
(Rasool et al., 2025)	√		√	√	√	√
(Antonelli et al., 2024)			√	√	√	√
Penelitian ini	√		√	√	√	√

Berdasarkan berbagai penelitian terdahulu, pendekatan Six Sigma melalui tahapan DMAIC telah terbukti berhasil menekan *defect* serta meningkatkan kualitas proses produksi. Metode ini menggunakan data nyata untuk mengukur kinerja proses, mencari akar masalah, lalu memberikan perbaikan yang terstruktur melalui tahapan DMAIC. Di sisi lain, pendekatan Total Quality Management (TQM) lebih fokus pada budaya kualitas di seluruh organisasi, seperti pelatihan karyawan, standar kerja, dan komitmen manajemen jangka panjang. TQM penting untuk membangun sistem kualitas secara keseluruhan, tetapi tidak selalu langsung digunakan untuk menganalisis *defect* spesifik pada satu proses produksi. Meskipun Lean Manufacturing juga memiliki konsep waste berupa *defect*, pendekatan Lean lebih luas pada pengurangan berbagai jenis pemborosan proses. Oleh sebab itu, penelitian ini menerapkan metode Six Sigma DMAIC dengan menitikberatkan pada analisis *defect* secara detail, serta

didukung oleh penerapan Poka-Yoke dalam bentuk jig guna mencegah kesalahan operator secara langsung.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Definisi Kualitas

Menurut (Anttila & Jussila, 2017), kualitas merupakan konsep multidimensi yang mencakup karakteristik fundamental dari produk atau layanan serta bagaimana kualitas tersebut dipahami dan diaplikasikan dalam konteks organisasi dan masyarakat. Studi ini menekankan bahwa kualitas tidak hanya mencakup kemampuan sebuah produk atau proses memenuhi persyaratan teknis, tetapi juga mengandung aspek yang lebih luas terkait harapan konsumen dan karakteristik yang menonjol dari konteks operasional serta sosialnya, sehingga membentuk dasar teoretis bagi praktik manajemen kualitas modern.

Sejalan dengan hal tersebut, (Baran & Polat, 2022) mendefinisikan kualitas sebagai tingkatan di mana produk atau layanan tersebut sesuai dengan kebutuhan serta spesifikasi yang ditentukan dan karakteristik yang diharapkan oleh pelanggan. Kualitas tidak hanya berfungsi sebagai ukuran teknis dalam operasi manufaktur, tetapi juga mencerminkan tingkat kepuasan pelanggan, dengan peningkatan kualitas yang hanya dapat dicapai melalui keterlibatan semua pihak dalam proses produksi dan pelayanan di seluruh lini organisasi.

Secara lebih mendalam, kualitas dianggap sebagai kapabilitas produk atau layanan untuk memenuhi ekspektasi pelanggan dengan kestabilan yang berkelanjutan (Heizer et al., 2020). Dalam mengevaluasi kualitas secara komprehensif, digunakan delapan dimensi kualitas sebagai acuan pengukuran, yaitu:

1. Kinerja (*Performance*), berkaitan dengan kemampuan utama produk dalam menjalankan fungsi yang menjadi perhatian konsumen saat memilih dan menggunakan produk.
2. Keistimewaan (*Features*), merupakan karakteristik tambahan yang melengkapi fungsi utama serta memberikan nilai tambah bagi pengguna.
3. Keandalan (*Reliability*), mencerminkan kemampuan produk untuk beroperasi secara konsisten dalam jangka waktu tertentu dengan kemungkinan kerusakan yang rendah.
4. Kemudahan layanan (*Serviceability*), meliputi kemudahan, kecepatan, dan efisiensi biaya dalam proses pemeliharaan ataupun perbaikan produk.
5. Kesesuaian (*Conformance*), menunjukkan tingkat kecocokan produk dengan standar atau spesifikasi yang telah ditetapkan.

6. Daya tahan (*Durability*), menggambarkan umur pakai produk atau ketahanannya selama digunakan hingga mencapai batas ekonomisnya.
7. Estetika (*Aesthetic*), mencakup aspek visual, desain, atau kesan sensorik yang memberikan daya tarik bagi konsumen dan bersifat subjektif.
8. Kualitas yang dirasakan (*Perceived quality*), berkaitan dengan persepsi konsumen terhadap kualitas produk berdasarkan pengalaman, informasi, maupun citra merek

2.2.2 Pengendalian Kualitas (Quality Control)

Pengendalian kualitas melibatkan serangkaian aktivitas terstruktur yang bertujuan menjamin produk sesuai dengan standar mutu yang telah direncanakan. Menurut (Nanik et al., 2026) tujuan utama pengendalian kualitas adalah mengawasi proses produksi agar hasil akhir sesuai dengan spesifikasi teknis, sehingga dapat meminimalkan pemborosan biaya akibat produk rusak atau pengerjaan ulang (rework).

Selanjutnya, (Sari et al., 2025) menekankan bahwa pengendalian kualitas yang efektif diarahkan pada pengenalan akar penyebab kegagalan produk serta perbaikan secara berkelanjutan agar menurunkan tingkat kecacatan serta memperkuat daya saing produk di pasar.

2.2.3 Six Sigma DMAIC

Six Sigma adalah strategi untuk meningkatkan dan mempertahankan kualitas proses produksi. Istilah “sigma”, yang dilambangkan dengan huruf Yunani σ , mengacu pada tingkat variasi dalam suatu proses; semakin rendah variasinya, semakin baik dan konsisten kualitas produk yang dihasilkan. Six Sigma merupakan pendekatan yang bertujuan untuk memperbaiki dan mempertahankan kualitas pada proses produksi. Metode ini berfokus pada pengurangan cacat hingga level 3,4 cacat per satu juta peluang (DPMO), sehingga proses dapat berjalan nyaris bebas dari kesalahan.

Dalam Six Sigma, terdapat pendekatan DMAIC yang merupakan metode pemecahan masalah berbasis data guna memperbaiki produk, rancangan, serta proses bisnis (Layang & Perkasa, 2022). Pendekatan ini mencakup lima tahap utama, yakni:

1. Define

Tahap define berfungsi dalam mengidentifikasi permasalahan, ruang lingkup proses, serta kebutuhan pelanggan yang berkaitan dengan objek penelitian. Pada tahap ini, disusun diagram SIPOC untuk memberikan pandangan lengkap terkait alur proses yang dimulai dari pemasok hingga pelanggan (Saputra, 2020). Selain itu, fase ini melibatkan

penetapan *Critical to Quality* (CTQ) sebagai dasar dalam menetapkan aspek kualitas yang menjadi prioritas.

a. Diagram SIPOC

Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*) digunakan sebagai alat untuk memvisualisasikan dan memetakan alur proses secara sistematis. Six Sigma maupun manajemen proses yang digunakan untuk menggambarkan komponen utama dari suatu alur kerja. Melalui diagram ini, hubungan dan aliran informasi, material, serta nilai antar unsur proses dapat dipahami dengan lebih jelas. Setiap elemen dalam SIPOC memiliki fungsi yang saling berkaitan, yaitu:

1) Supplier

Supplier merujuk pada individual atau entitas yang memasok beragam sumber daya yang dibutuhkan dalam proses, seperti bahan baku, data, serta informasi pendukung untuk menghasilkan produk atau jasa.

2) Input

Input mencakup seluruh bentuk masukan yang diterima dari supplier, berupa material, informasi, maupun sumber daya lain yang diperlukan agar proses produksi dapat berjalan dan menghasilkan output yang sesuai.

3) Process

Process adalah rangkaian aktivitas atau tahapan yang dilakukan untuk mengolah input menjadi output dalam proses produksi. Tahapan ini mencerminkan bagaimana suatu nilai ditambahkan dari awal hingga akhir proses sebelum diberikan kepada pelanggan.

4) Output

Output adalah hasil akhir proses, baik berupa produk ataupun layanan yang dihasilkan dari pengolahan input dan kemudian disalurkan kepada pelanggan sebagai pihak penerima.

5) Customer

Customer adalah individu atau institusi yang menerima output dan menjadi pengguna akhir dari hasil proses tersebut. Penilaian mereka menjadi dasar apakah output telah memenuhi standar kualitas yang ditetapkan.

b. *Critical to Quality* (CTQ)

Critical to Quality (CTQ) merupakan karakteristik utama pada produk yang secara langsung memengaruhi kualitas serta kepuasan pelanggan. CTQ dijadikan sebagai tolok ukur untuk mengukur apakah produk sudah sesuai dengan kualitas yang telah

ditetapkan. Menurut (Kusuma & Guritno, 2020), penetapan CTQ dilakukan dengan mempertimbangkan kebutuhan dan harapan pelanggan sehingga kriteria kualitas dapat ditentukan sebelum suatu produk dinyatakan cacat.

2. Measure

Tahap Measure merupakan tahap kedua dalam metodologi Six Sigma DMAIC yang bertujuan untuk mengetahui kondisi aktual dari proses yang sedang berlangsung. Pada fase ini melibatkan pemetaan proses dan pengumpulan data guna mengukur performa proses saat ini serta menentukan baseline performa sebelum dilakukan analisis lebih lanjut. Menurut (Mittal et al., 2023) tahap *Measure* berfokus pada pemeriksaan status permasalahan melalui pengukuran tingkat cacat, performa proses, dan karakteristik kualitas utama sebagai dasar pengambilan keputusan pada tahap *Analyze*. Pengukuran yang sistematis pada tahap ini menjadi fondasi penting dalam memastikan efektivitas perbaikan yang akan diterapkan. Tahap Measure mencakup penghitungan DPMO, level sigma, serta pembuatan peta kendali (*control chart*):

a. *Defect Per Million Opportunities (DPMO)*:

DPMO merupakan indikator pada Six Sigma yang digunakan untuk mengukur jumlah cacat per sejuta kesempatan produksi. Nilai ini mencerminkan tingkat potensi kegagalan dalam suatu proses. Rumus perhitungan DPMO adalah sebagai berikut:

$$DPMO = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produksi} \times CTQ} \times 1.000.000$$

b. Level Sigma

Level sigma atau tingkat sigma menandakan kemampuan suatu perusahaan dalam menekan jumlah produk cacat (Soemohadiwidjojo, 2017). Nilai tingkat sigma dihitung setelah diperoleh nilai DPMO, kemudian hasil tersebut dikonversi menjadi level sigma menggunakan bantuan Microsoft Excel melalui rumus yang tersedia. Setelah angka DPMO didapat, nilai tersebut kemudian dikonversikan menjadi level sigma menggunakan tabel konversi sigma yang disajikan pada tabel berikut.

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMSINV} \frac{1000000 - DPMO}{1000000} + 1,5$$

Berikut disajikan tabel rata-rata konversi DPMO menjadi nilai sigma sesuai standar Motorola (Gaspersz, 2015).

Tabel 2. 2 Konversi DPMO ke Nilai Six Sigma

DPMO	Nilai Sigma	Keterangan
691462	1-sigma	Tingkat kompetitivitas sangat rendah
308538	2-sigma	Standar Industri Umum
66807	3-sigma	Kondisi Industri Indonesia
6210	4-sigma	Standar Industri Umum
233	5-sigma	Amerika Serikat
3,4	6-sigma	Industri Kelas Dunia

c. Peta Kendali

Peta kendali (*control chart*) dibedakan menjadi dua kategori, yakni peta kendali variabel dan peta kendali atribut. Peta kendali variabel dipakai ketika ciri kualitas bisa diukur secara kuantitatif, sementara peta kendali atribut diterapkan apabila ciri kualitas tidak bisa dinyatakan dalam angka. Peta kendali bertujuan untuk mengetahui penyebab khusus dari variasi proses, meminimalkan ketidakteraturan, serta mengevaluasi apakah output menyimpang dari standar. Dalam penyusunannya, diperlukan perhitungan proporsi cacat serta penentuan garis tengah CL (*Central Line*), batas atas UCL (*Upper Control Limit*), serta batas bawah LCL (*Lower Control Limit*). Rumus untuk CL, UCL, dan LCL adalah sebagai berikut:

$$\bar{p} = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produksi}}$$

$$CL = \frac{\sum \text{jumlah produk cacat}}{\sum \text{jumlah produksi}}$$

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

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

Keterangan :

$\bar{p}$ = rata-rata proporsi cacat

n = jumlah produk yang diperiksa per bulan

3. *Analyze*

Tahap Analyze adalah tahap ketiga di Six Sigma yang menitikberatkan pada pemrosesan serta analisis data dari tahap *Measure* guna menemukan akar penyebab utama cacat dan variasi proses. Tahap ini menekankan pada pendekatan berbasis data

dan penggunaan alat analisis kualitas untuk menentukan faktor kritis yang memengaruhi kinerja proses (Antony et al., 2017). Beberapa aktivitas yang dilakukan pada tahap Analyze meliputi:

1) Diagram Pareto

Diagram Pareto bertujuan untuk mengidentifikasi jenis kecacatan yang paling dominan, sehingga dapat diketahui faktor yang paling berkontribusi terhadap total kecacatan.

2) Fishbone

Diagram fishbone dipakai untuk mengenali dan menganalisis penyebab utama munculnya kecacatan dalam proses produksi, sehingga dapat diketahui faktor-faktor yang berkontribusi terhadap munculnya masalah.

4. *Improve*

Tahap Improve adalah tahap keempat pada metode Six Sigma yang menekankan perumusan dan penerapan solusi guna menangani masalah yang terdeteksi di tahap sebelumnya. Pada fase ini, proses perbaikan umumnya didukung oleh penerapan metode poka-yoke untuk menghindari pengulangan kesalahan.

5. *Control*

Tahap *Control* menjadi tahap penutup yang bertujuan memastikan perbaikan dari tahap *Improve* berlangsung secara stabil dan berkelanjutan. Pada tahap ini, proses diperiksa, dipantau, dan dipelihara agar kinerja tetap stabil serta akar masalah tidak muncul kembali. Tahapan kontrol berperan dalam menjaga keberlanjutan hasil perbaikan (Rizkiyah, 2021).

2.2.4 *Statistical Process Control (SPC)*

Statistical Process Control (SPC) merupakan strategi pengendalian kualitas yang menerapkan teknik statistik guna memantau dan mengatur proses produksi agar tetap dalam kondisi stabil dan memenuhi spesifikasi. SPC memungkinkan identifikasi penyimpangan proses secara dini melalui peta kendali (*control chart*), sehingga tindakan koreksi dapat diambil sebelum produk rusak beredar luas. Penggunaan SPC krusial dalam upaya peningkatan kualitas dan efisiensi proses, karena dapat membedakan variasi normal proses dari variasi yang disebabkan oleh faktor khusus yang perlu ditindaklanjuti (Sałaciński et al., 2023).

2.2.4.1 *Pengertian SPC*

SPC digunakan untuk memonitor dan menganalisis karakteristik proses produksi berdasarkan data numerik dari hasil pengukuran atau observasi. Tujuannya adalah mendeteksi apakah

proses masih dalam kondisi kendali statistic atau tidak. Dalam metode ini, *control chart* digunakan untuk memvisualisasikan data terhadap waktu atau urutan proses, dengan komponen UCL, CL, dan LCL sebagai batas kendali. Apabila terdapat titik data di luar batas tersebut atau pola yang tidak acak, hal ini menunjukkan adanya variasi yang tidak normal dan memerlukan analisis lebih lanjut (Sałaciński et al., 2023). Dalam penelitian (Yusup, 2025) aplikasi SPC pada produk plywood dekoratif, penggunaan peta kendali membantu memetakan variabilitas cacat produk sehingga penyebab utama yang bersifat *common cause* maupun *special cause* dapat ditentukan dan ditindaklanjuti.

2.2.4.2 Peta Kendali

1. Peta Kendali Atribut

Peta kendali atribut diterapkan ketika data yang dianalisis bersifat diskrit atau hitungan, misalnya jumlah produk cacat, jumlah unit tidak baik, atau persentase *defect*. Data atribut tidak memiliki ukuran kontinu, melainkan berupa jumlah kejadian dalam sampel tertentu. Untuk jenis data tersebut, beberapa peta kendali yang umum digunakan meliputi P-chart, NP-chart, C-chart, dan U-chart. Peta kendali atribut sangat bermanfaat untuk memantau tingkat kecacatan serta mengevaluasi kestabilan proses produksi. (Singh, 2022).

2. Peta Kendali Variabel

Peta kendali variabel digunakan ketika data yang dianalisis bersifat kontinu atau dapat diukur secara numerik, seperti panjang, berat, tekanan, atau waktu proses. Data variabel memungkinkan pengukuran yang lebih rinci karena nilai yang dihasilkan merupakan angka kontinu. Beberapa contoh peta kendali variabel yang umum adalah $\bar{X}$ -R chart (average and range chart), individual-moving range (I-MR) chart, dan $\bar{X}$ -S chart. Peta kendali variabel diterapkan apabila karakteristik kualitas bisa diukur secara numerik melalui alat ukur tertentu menghasilkan nilai numerik yang berkelanjutan (Singh, 2022).

2.2.5 Fishbone

Fishbone diagram atau diagram Ishikawa merupakan alat visual guna mengenali dan mengklasifikasikan berbagai penyebab yang berpotensi memicu suatu masalah secara terstruktur. Menurut (Liliana, 2016) diagram ini berfungsi sebagai model visual yang membedah masalah utama menjadi kategori-kategori yang lebih kecil guna memfasilitasi pencarian akar penyebab (root cause) secara mendalam dan terstruktur.

Dalam implementasinya di sektor manufaktur untuk menekan tingkat produk cacat, penyebab masalah umumnya dikelompokkan ke dalam kategori 6M. Berdasarkan penelitian terbaru oleh (Nasution et al., 2025) kategori-kategori tersebut meliputi:

- Man (Manusia): Faktor yang berkaitan dengan kompetensi, ketelitian, kelelahan, atau kurangnya pelatihan operator.
- Machine (Mesin): Masalah yang bersumber dari kerusakan alat, kurangnya perawatan (maintenance), atau teknologi mesin yang sudah usang.
- Method (Metode): Ketidaksesuaian prosedur kerja (SOP), instruksi kerja yang membingungkan, atau alur proses yang tidak efisien.
- Material (Bahan Baku): Kualitas bahan mentah yang tidak memenuhi standar atau terdapat variasi kualitas dari penyuplai.
- Measurement (Pengukuran): Kesalahan dalam pengambilan data, kalibrasi alat ukur yang tidak tepat, atau standar inspeksi yang lemah.
- Mother Nature (Lingkungan): Faktor eksternal seperti suhu ruangan, kelembapan, pencahayaan, atau kebisingan yang memengaruhi jalannya produksi.

2.2.6 POKA-YOKE

Poka-Yoke merupakan teknik dalam pengendalian kualitas yang dimaksudkan menghindari kesalahan selama proses produksi berlangsung. Istilah Jepang ini bermakna “anti salah” dan berfokus pada upaya menghindarkan *human error* agar cacat dapat diminimalkan atau bahkan dihilangkan. Secara prinsip, Poka Yoke bekerja dengan menyediakan mekanisme sederhana yang membantu mencegah terjadinya kekeliruan yang tidak disengaja. (Adji et al., 2020) menyatakan bahwa Poka Yoke merupakan metode yang bertujuan meminimalkan kesalahan melalui solusi yang sederhana. Sejalan dengan itu, (Ewita et al., 2019) menyatakan bahwa Poka-Yoke adalah konsep dalam manajemen kualitas yang difokuskan pada pencegahan kesalahan manusia (*human error*) serta menghilangkan cacat produk sejak tahap awal proses produksi. Poka-yoke dirancang agar kesalahan dapat dicegah atau dideteksi dengan cara yang paling sederhana dan efektif sebelum menghasilkan produk cacat. Konsep ini dikembangkan oleh Shigeo Shingo dalam Toyota Production System dan Just in Time, dengan tujuan utama mencapai kondisi *zero defect*. Mekanisme poka-yoke umumnya diterapkan dalam bentuk sistem kontrol maupun peringatan yang membantu operator mengidentifikasi dan memperbaiki kesalahan secara instan, sehingga mutu produk serta performa proses produksi dapat ditingkatkan secara berkelanjutan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada sebuah perusahaan *Electronics Manufacturing* yang berlokasi di kawasan industri PIER Bangil, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, pada Divisi Produksi. Objek penelitian adalah proses perakitan salah satu produk speaker profesional, yaitu DBR Series.

Pengumpulan data dilakukan selama periode tiga bulan dengan fokus khusus pada identifikasi dan analisis jenis kesalahan yang memiliki dampak terbesar pada total kesalahan. Analisis Pareto digunakan untuk mengidentifikasi jenis cacat terpenting yang memiliki dampak langsung pada kegagalan produk.

Tujuan penelitian ini yaitu dengan mengidentifikasi penyebab *defect* dominan serta penyusunan saran perbaikan dengan pendekatan Six Sigma (DMAIC), analisis fishbone, dan penerapan poka-yoke sebagai upaya pencegahan cacat berulang. Hasil penelitian diharapkan dapat meningkatkan kualitas produk dan kestabilan proses pada lini perakitan DBR Series.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

3.2.1 Jenis Data

Dalam penelitian ini terdapat 2 macam data yang digunakan, yaitu :

1. Data Primer

Data primer yang digunakan merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek penelitian melalui kegiatan observasi, wawancara, serta pengumpulan data produksi di lapangan. Data ini mencakup informasi mengenai proses perakitan produk DBR Series pada Divisi Produksi Perusahaan *Electronics Manufacturing*, catatan jumlah produksi dan jumlah *defect* selama tiga bulan, jenis-jenis *defect* yang muncul, serta berbagai jenis *defect* yang muncul melalui diagram Pareto. Selain itu, data primer juga mencakup temuan terkait faktor-faktor penyebab *defect* yang diperoleh dari wawancara dengan leader dan operator, serta dokumentasi kondisi aktual mengenai metode kerja, penggunaan jig, dan karakteristik material yang berkaitan dengan proses perakitan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang bersumber dari informasi yang sudah ada sebelumnya dan berfungsi untuk melengkapi data primer. Data ini meliputi literatur,

jurnal ilmiah, serta teori-teori terkait metode Six Sigma, pendekatan DMAIC, analisis fishbone, serta konsep poka-yoke yang digunakan dalam perumusan usulan perbaikan. Selain itu, data sekunder juga mencakup dokumen perusahaan seperti *Work Instruction* (WI), *Standard Operation Procedure* (SOP), spesifikasi komponen, serta informasi umum mengenai perusahaan yang membantu memberikan konteks yang jelas terhadap kondisi penelitian.

3.2.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang diterapkan dalam penelitian ini meliputi:

1. Observasi langsung

Observasi dilakukan dengan mengamati langsung proses perakitan produk DBR Series di Divisi Produksi Perusahaan *Electronics Manufacturing*. Observasi ini dilakukan untuk memahami bagaimana proses berjalan, bagaimana operator menggunakan jig, serta bagian mana yang berpotensi menimbulkan *defect*. Dengan cara ini, peneliti bisa melihat kondisi aktual yang terjadi.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan bersama pihak terkait seperti kepala produksi dan operator, yang bertujuan untuk mendapatkan informasi pelengkap yang memperkuat penelitian yang tidak selalu terlihat saat observasi, misalnya kendala saat bekerja, perubahan material, atau hal-hal teknis lain yang dapat menyebabkan *defect*. Data dari wawancara membantu memperjelas penyebab masalah yang ditemukan.

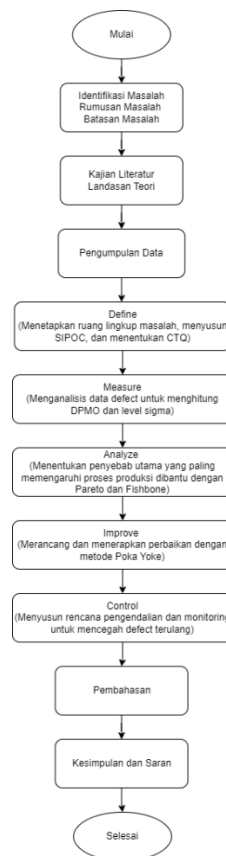
3. Dokumentasi dan Data Perusahaan

Peneliti juga menggunakan data dari perusahaan, berupa file Excel yang berisi rekap produksi, jumlah *defect*, dan jenis *defect* selama tiga bulan. Data ini digunakan untuk membuat perhitungan diagram Pareto, DPMO, dan sigma level. Selain itu, dokumen seperti *Work Instruction* (WI) dan spesifikasi komponen juga digunakan untuk mendukung analisis.

4. Kajian Literatur

Kajian literatur dilakukan dengan membaca buku dan jurnal yang berhubungan dengan metode Six Sigma, DMAIC, Fishbone, dan Poka Yoke. Literatur ini digunakan untuk membantu peneliti memahami teori yang mendukung metode analisis serta perbaikan yang diusulkan.

3.3 Alur Penelitian



Gambar 3. 1 Alur Penelitian

Berikut merupakan diagram alur penelitian:

1. Mulai

Penelitian dimulai dengan menetapkan objek yang akan dikaji, yaitu proses perakitan produk DBR Series di Divisi Produksi Perusahaan *Electronics Manufacturing*.

2. Identifikasi Masalah

Pada tahap ini, peneliti melakukan pengamatan langsung ke area produksi untuk melihat bagaimana proses perakitan berlangsung, bagaimana jig digunakan, serta kondisi kerja operator. Tahap ini penting untuk mengenali situasi aktual yang terjadi di lini produksi. Selanjutnya disusun rumusan masalah serta batasan penelitian agar fokus hanya pada proses perakitan DBR Series dan *defect* utama yang paling sering terjadi.

3. Kajian Literatur dan Landasan Teori

Peneliti mempelajari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan artikel yang relevan dengan topik penelitian. Literatur ini digunakan untuk memahami konsep Six Sigma, DMAIC, Pareto, Fishbone, dan Pokayoke yang menjadi dasar metode analisis dan perbaikan.

4. Pengumpulan Data

Data yang diperoleh berupa data historis perusahaan, mencakup jumlah produksi, jumlah *defect*, dan jenis *defect* produk DBR Series dalam periode tertentu. Data ini digunakan sebagai dasar analisis pada tahapan Six Sigma.

5. Pengolahan Data

a. Tahap Define

Pada tahap Define, peneliti melakukan penetapan ruang lingkup masalah dan pemetaan alur produksi menggunakan diagram SIPOC guna memahami alur proses secara menyeluruh. Selain itu, ditetapkan *Critical to Quality* (CTQ) sebagai karakteristik kualitas utama yang memengaruhi kepuasan pelanggan.

b. Tahap Measure

Pada fase Measure dilakukan pengukuran performa proses secara kuantitatif melalui analisis data *defect* yang telah direkap, mengidentifikasi jenis cacat dominan menggunakan diagram Pareto, serta menghitung nilai DPMO dan tingkat sigma untuk menilai kemampuan proses saat ini.

c. Tahap Analyze

Tahap Analyze difokuskan pada penelusuran akar penyebab *defect* yang paling dominan berdasarkan hasil pengukuran sebelumnya. Analisis dilakukan dengan menggunakan diagram fishbone yang mencakup faktor manusia, metode, mesin/jig, dan material. Informasi pendukung diperoleh dari observasi serta wawancara singkat dengan operator dan teknisi sehingga penyebab utama dapat diidentifikasi secara lebih akurat sebagai dasar penyusunan perbaikan.

d. Tahap Improve

Pada tahap Improve, peneliti menyusun usulan untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *defect*. Usulan difokuskan pada penerapan metode Poka-Yoke berupa perancangan atau modifikasi jig sebagai alat bantu pencegah kesalahan pemasangan, serta perbaikan instruksi kerja agar proses perakitan lebih konsisten.

e. Tahap Control

Tahap Control dilakukan dengan menyusun rencana pengendalian untuk menjaga agar perbaikan dapat berjalan secara berkelanjutan. Pengendalian dilakukan melalui rencana monitoring kualitas menggunakan control chart, pembuatan checklist pemeriksaan jig, serta evaluasi kepatuhan operator terhadap prosedur kerja yang telah diperbaiki.

6. Pembahasan

Pada bagian ini, hasil analisis dijelaskan secara rinci untuk menunjukkan bagaimana temuan di lapangan terhubung dengan teori dan metode yang digunakan. Pembahasan menjelaskan keterkaitan antara usulan perbaikan dengan penyebab *defect* yang telah ditemukan. Bagian ini menjadi jembatan antara hasil analisis dan kesimpulan.

7. Kesimpulan dan Saran

Setelah seluruh tahap analisis selesai, peneliti menyimpulkan sesuai dengan rumusan masalah serta sasaran penelitian. Kesimpulan memuat rangkuman penyebab *defect* serta usulan perbaikan yang disarankan. Selain itu, peneliti juga menyampaikan rekomendasi untuk perusahaan dalam implementasi solusi serta saran bagi penelitian berikutnya agar hasil penelitian dapat menjadi dasar dalam peningkatan kualitas yang lebih luas.

8. Selesai

Penelitian berakhir setelah seluruh tahapan selesai dilaksanakan dan hasilnya tersusun dalam bentuk laporan penelitian.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Profil Perusahaan

Perusahaan *Electronics Manufacturing* adalah perusahaan yang aktif di sektor produksi sistem audio dan komponen elektronik, serta mulai beroperasi sejak Desember 1999. Perusahaan ini termasuk dalam grup Perusahaan *Electronics Manufacturing* asal Jepang yang dikenal secara global melalui produk-produk audio berkualitas tinggi. Perusahaan ini berlokasi di Kawasan Industri PIER (Pasuruan Industrial Estate Rembang), Pasuruan, Jawa Timur dan menjadi salah satu fasilitas manufaktur elektronik terbesar Perusahaan *Electronics Manufacturing* di Indonesia.

Fokus utama produksi perusahaan ini adalah sistem speaker audio untuk kebutuhan home audio, professional audio, serta komponen audio visual lainnya. Perusahaan *Electronics Manufacturing* memproduksi berbagai bagian kayu untuk casing speaker yang berfungsi menunjang kualitas akustik produk. Sebagian besar hasil produksinya ditujukan untuk pasar ekspor, dengan proporsi sekitar 95% dikirim ke berbagai negara sehingga Perusahaan *Electronics Manufacturing* ini berperan sebagai salah satu pusat produksi global.

Dalam kegiatan operasionalnya, Perusahaan *Electronics Manufacturing* menerapkan standar kualitas tinggi, sistem kontrol mutu ketat, serta pemanfaatan teknologi Industri 4.0 seperti barcode, QR Code, dan RFID guna meningkatkan efisiensi produksi dan akurasi pelacakan material. Selain berorientasi pada kualitas dan inovasi, perusahaan juga menekankan tanggung jawab lingkungan serta pengembangan SDM melalui program pelatihan dan peningkatan kemampuan karyawan. Dengan visi menjadi produsen home theater dan audio terbaik di dunia, Perusahaan *Electronics Manufacturing* terus menjaga komitmennya terhadap kualitas, inovasi, dan daya saing di pasar global.

4.1.2 Operasional Jam Kerja

Perusahaan *Electronics Manufacturing* memiliki ketentuan jam kerja yang diterapkan sesuai dengan kebijakan perusahaan dan pengaturan operasional di masing-masing area kerja. Adapun jadwal operasional yang berlaku adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Operasional Jam Kerja

Kategori	Keterangan	Jam Kerja
----------	------------	-----------

Office	Jam kerja office	07.00 – 16.00 WIB
Gemba (Produksi)	Shift 1	07.00 – 16.00 WIB
Gemba (Produksi)	Shift 2	16.00 – 23.00 WIB
Gemba (Produksi)	Shift 3	23.00 – 07.00 WIB

4.1.3 Hasil Produksi Perusahaan

Perusahaan *Electronics Manufacturing* menghasilkan berbagai jenis produk audio dan instrumen digital yang diproduksi untuk memenuhi kebutuhan pasar domestik maupun internasional. Setiap kategori produk memiliki spesifikasi dan fungsi berbeda sesuai segmentasi pengguna serta standar kualitas global. Adapun jenis produk yang diproduksi meliputi:

1) Floor Standing Speaker

Speaker berukuran besar yang dirancang untuk kebutuhan home audio dan ruang multimedia, dengan kemampuan reproduksi suara yang lebih penuh dan bertenaga.

2) Sound Bar

Sistem audio ringkas yang digunakan untuk meningkatkan kualitas suara televisi atau home theater, dengan desain minimalis namun tetap menghasilkan suara yang jernih.

3) Bookshelf

Speaker berukuran kompak yang ideal untuk ruangan kecil hingga menengah, memberikan kualitas audio yang detail dengan kebutuhan ruang yang minimal.

4) Powered Loudspeaker

Speaker profesional yang sudah dilengkapi amplifier internal, umumnya digunakan untuk kebutuhan panggung, studio, maupun instalasi audio komersial.

5) Ceiling Speaker

Speaker yang dipasang pada plafon untuk kebutuhan audio ambient, sering digunakan pada ruangan kantor, hotel, retail, atau instalasi publik lainnya.

6) Digital Saxophone

Instrumen musik digital yang mensimulasikan permainan saksofon dengan teknologi elektronik, memberi fleksibilitas dalam latihan maupun pertunjukan.

7) Guitar Amplifier

Perangkat penguat suara khusus gitar elektrik, menghasilkan berbagai karakter suara sesuai kebutuhan pemain musik.

8) Sound Network

Sistem audio berbasis jaringan yang digunakan untuk aplikasi profesional seperti sound system gedung, studio, dan sistem distribusi audio digital.

9) Digital Music Instrument

Berbagai instrumen musik berbasis digital yang mendukung kreativitas musisi modern, mulai dari instrumen portable hingga perangkat produksi musik.

4.1.4 Proses Produksi

Proses produksi di Line DBR mencakup beberapa tahapan utama mulai dari persiapan komponen hingga produk siap dikemas. Setiap tahap memiliki standar kerja (WI) dan inspeksi untuk memastikan kualitas sesuai spesifikasi Perusahaan *Electronics Manufacturing*. Secara umum, alur proses adalah sebagai berikut:

1. Cushion Cabinet

Proses awal berupa pemasangan material peredam (absorber/cushion) ke dalam cabinet speaker untuk mengurangi resonansi dan meningkatkan kualitas akustik.

2. Absorber Assy

Operator memasang absorber tambahan di area tertentu pada cabinet sesuai model produk. Tahap ini memastikan distribusi suara lebih stabil.

3. Cover Amp Assy

Cover pelindung amp dipasang pada titik-titik tertentu untuk menutup area elektronik yang sensitif dari debu dan benturan.

4. Amp + Rubber Assy

Tahap ini terdiri dari beberapa sub proses penting yaitu :

- 1) DC Fan Assy yaitu pemasangan kipas pendingin pada unit amplifier
- 2) Shield DP Assy yaitu pemasangan pelindung pada bagian DSP
- 3) PCB Sub L/H Assy yaitu pemasangan spacer sebagai penyangga PCB
- 4) Hexagon Spacer Assy yaitu pemasangan spacer sebagai penyangga PCB
- 5) Rear Panel & HS Amps Assy yaitu proses kritis di mana rear panel dipasang pada PCB DSP, termasuk pemasangan LED dan konektor.
- 6) Amps Assy final assembly amplifier ke cabinet.
- 7) Check APX pengecekan fungsi awal amplifier.

5. Tweeter Assy

Tweeter dipasang sebagai komponen yang menghasilkan suara frekuensi tinggi. Operator memastikan polaritas, posisi, dan penyambungan tidak mengalami kesalahan.

6. Tweeter dan Baffle

Setelah tweeter terpasang, unit ini digabungkan dengan baffle. Struktur baffle membantu mengarahkan suara agar tetap jernih dan presisi. Tahap ini juga memperkuat struktur komponen sebelum dipasang woofer.

7. Screw Woofer

Woofer merupakan penghasil suara low–mid frequency. Pada tahap ini woofer diposisikan dan diikat menggunakan screw sesuai standar torsi. Proses ini juga memastikan tidak ada celah yang dapat menyebabkan getaran atau kebocoran udara.

8. Emblem dan F.Grille

Emblem Perusahaan *Electronics Manufacturing* dan front grille dipasang sebagai langkah finishing estetik dan proteksi. Pemasangan yang presisi memastikan tampilan unit rapi serta melindungi speaker dari debu atau benturan.

9. Accessories

Pada proses ini operator menyiapkan seluruh aksesoris pendukung, dan setiap aksesoris wajib sesuai list untuk menghindari keluhan dari pelanggan

10. Check Sound

Unit diuji dengan menjalankan beberapa frekuensi suara untuk memastikan amplifier, tweeter, woofer, dan rangkaian elektronik bekerja normal. Tahap ini memastikan kualitas audio sesuai standar Perusahaan *Electronics Manufacturing* global.

11. OQC dan Label

OQC (Outgoing Quality Control) adalah pemeriksaan akhir sebelum produk dinyatakan layak kirim. Unit dicek kembali secara visual dan fungsional, lalu diberikan label identitas produksi dan barcode.

12. Carton Box Assy

Kotak karton dirakit dan disiapkan sebagai wadah packaging utama. Kotak harus stabil, tidak rusak, dan sesuai ukuran model.

13. Acc dan Picture

Semua aksesoris dimasukkan ke dalam kotak beserta lembar informasi produk. Operator memastikan tidak ada item yang tertinggal.

14. Tape dan Pallet

Proses terakhir adalah penutupan box dengan tape sesuai standar kekuatan, kemudian produk dipaletkan dan disusun rapi untuk proses shipping. Tahap ini memastikan keamanan produk selama pengiriman.

4.1.5 Data Jumlah Produksi

Dalam mendukung proses analisis, penelitian ini menggunakan data jumlah produksi pada Line DBR selama tiga bulan terakhir. Line ini memproduksi tiga model berbeda, yaitu DBR10, DBR12, dan DBR15, yang dibedakan berdasarkan ukuran produknya. Dikarenakan ketiga model ini dibuat di lini yang sama, maka jumlah produksinya dilihat secara keseluruhan. Data produksi ini dipakai sebagai dasar untuk memahami kondisi output line dan akan digunakan pada perhitungan tahap Six Sigma berikutnya. Berikut ini merupakan jumlah produksi Line DBR selama tiga bulan terakhir :

Tabel 4. 2 Jumlah Produksi 3 Bulan

Jenis Model	Agustus	September	Oktober	Total
DBR10	964	1.574	3.074	5.612
DBR12	2.263	1.969	2.390	6.622
DBR15	232	955	1.968	3.155
Total	3.549	4.498	7.432	15.389

4.1.6 Data Jenis Cacat Product

Berikut merupakan jenis cacat (NG/Not Good) yang ditemukan pada Line DBR selama tiga bulan terakhir. Berdasarkan data inspeksi, terdapat 16 jenis cacat yang terjadi dalam proses proses produksi, yakni:

Tabel 4. 3 Jenis dan Jumlah Cacat 3 Bulan

No	Jenis cacat	Jumlah
1	Broken/ Scratch	38
2	Power Off	25
3	Electrical Error	18
4	Broken Part	10
5	Slanting	7
6	FCT	5
7	NG Polarity	3
8	IRC	2
9	Vibration	2
10	Abnormal Function	1
11	Dirty	1

No	Jenis cacat	Jumlah
12	GAP	1
13	I/O ERROR	1
14	No Sound	1
15	Shifted	1
16	Unsolder	1
Total		117

4.1.7 Cycle time Proses Rear Panel & HS Amps Assy

Pengukuran *cycle time* dilakukan guna mengetahui rata-rata waktu yang diperlukan operator untuk menyelesaikan proses pemasangan Rear Panel & HS Amps Assy pada line DBR. Pengukuran dilakukan secara langsung di lini produksi dengan metode stopwatch selama 30 kali pengamatan terhadap aktivitas operator pada kondisi proses normal.

Cycle Time	Waktu (menit)
1	3:50
2	3:50
3	3:49
4	3:51
5	3:53
6	3:48
7	3:52
8	3:51
9	3:54
10	3:52
11	3:49
12	3:53
13	3:52
14	3:47
15	3:51
16	3:50
17	3:52
18	3:54

19	3:49
20	3:51
21	3:53
22	3:48
23	3:50
24	3:52
25	3:51
26	3:51
27	3:53
28	3:50
29	3:52
30	3:49
Rata-Rata	3:51

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan sebanyak 30 kali pengamatan, diperoleh rata-rata waktu proses sebesar 3 menit 51 detik untuk setiap unit produk. Nilai rata-rata *cycle time* tersebut menunjukkan bahwa proses pemasangan Rear Panel masih memerlukan waktu penyesuaian posisi komponen secara manual oleh operator sebelum proses pemasangan dapat dilakukan secara sempurna. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang perbaikan pada alat bantu kerja yang digunakan agar proses pemasangan komponen dapat berlangsung lebih cepat dan stabil.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Define

4.2.1.1 Identifikasi CTQ

Fase Define adalah langkah pertama Six Sigma yang dimanfaatkan untuk mengidentifikasi masalah kualitas utama dalam proses produksi. Pada tahap ini, ditentukan *Critical to Quality* (CTQ) sebagai atribut kualitas yang menjadi prioritas perusahaan. Penentuan CTQ dilakukan melalui observasi langsung di lini perakitan, pengumpulan data *defect* selama tiga bulan terakhir, serta diskusi dengan foreman dan operator di area Sub Assy. Data *defect* berasal dari proses inspeksi akhir dan OQC (*Outgoing Quality Control*), sehingga mencerminkan kondisi kualitas aktual. Berdasarkan hasil tersebut, diperoleh beberapa jenis cacat pada Line DBR sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Jenis Cacat 3 Bulan

No	Jenis Cacat
1	Broken/ Scratch
2	Power Off
3	Electrical Error
4	Broken Part
5	Slanting
6	FCT
7	NG Polarity
8	IRC
9	Vibration
10	Abnormal Function
11	Dirty
12	GAP
13	I/O ERROR
14	No Sound
15	Shifted
16	Unsolder

4.2.1.2 Diagram SIPOC

Alur proses pada Perusahaan *Electronics Manufacturing* digambarkan oleh Diagram SIPOC yang disajikan sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Diagram SIPOC

4.2.2 Measure

4.2.2.1 Perhitungan DPMO

Tahap berikutnya dalam metode Six Sigma adalah melakukan pengukuran kinerja proses yang dilakukan melalui perhitungan *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan nilai sigma. Stabilitas serta kemampuan proses dalam memproduksi barang sesuai standar kualitas diukur melalui pengukuran ini.

Berdasarkan data produksi bulan Agustus sampai Oktober, diketahui bahwa total unit yang diproduksi pada Line DBR adalah 15.389 unit, dengan jumlah cacat yang terdeteksi sebanyak 117 *defect*. Berdasarkan hasil identifikasi CTQ, diperoleh 16 jenis cacat yang berpotensi muncul pada produk. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk menghitung nilai DPMO dan level sigma sebagai dasar dalam menilai apakah proses saat ini masih memerlukan

perbaikan lebih lanjut. Berikut disajikan perhitungan DPMO dan nilai sigma pada periode Agustus hingga Oktober:

$$\text{DPMO} = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produksi} \times \text{CTQ}} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = \frac{117}{15.389 \times 16} \times 1.000.000$$

$$\text{DPMO} = 475,177$$

4.2.2.2 Perhitungan nilai sigma

$$\text{Nilai Sigma} = \text{NORMSINV} \frac{1000000 - \text{DPMO}}{1000000} + 1,5$$

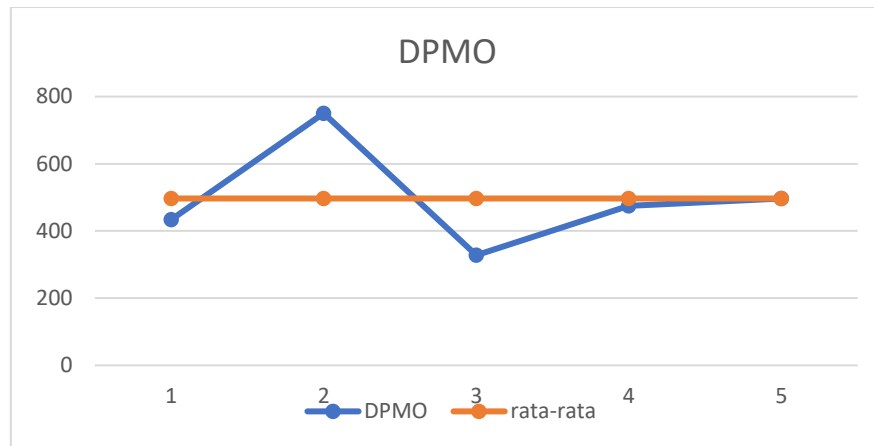
$$\text{Nilai Sigma} = 1 - \frac{475,177}{1000000} + 1,5$$

$$\text{Nilai Sigma} = 4,80$$

Tabel 4. 5 Perhitungan Nilai Six Sigma

Bulan	Jumlah Produksi	Data Cacat	CTQ	DPMO	Tingkat Sigma
Agustus	3459	24	16	433,651	4,830
September	4498	54	16	750,333	4,674
Oktober	7432	39	16	475,177	4,804
Rata-rata				475,177	4,804

Berdasarkan hasil perhitungan DPMO untuk tiga bulan terakhir, diperoleh nilai DPMO sebesar 433,651 pada bulan Agustus, 750,333 pada bulan September, dan 475,177 pada bulan Oktober. Jika dirata-ratakan, nilai DPMO selama 3 bulan adalah 475,177. Nilai DPMO yang berfluktuasi dari bulan ke bulan menunjukkan bahwa proses produksi belum sepenuhnya stabil, khususnya dalam pengendalian *defect* pada Sub Assy.

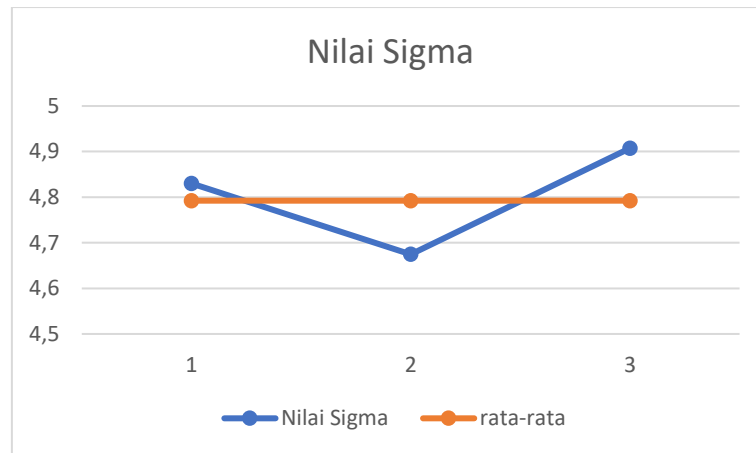


Gambar 4. 2 Grafik DPMO

Meskipun demikian, nilai DPMO rata-rata yang berada pada kisaran 475 termasuk kategori yang relatif rendah, sehingga tingkat kualitas proses sudah berada pada kondisi yang cukup baik. Namun ketidakkonsistenan variasi DPMO antarbulan mengindikasikan bahwa pengendalian proses belum berjalan secara seragam, dan masih terdapat peluang untuk melakukan perbaikan pada faktor-faktor penyebab *defect*, terutama pada CTQ yang paling dominan berdasarkan analisis Pareto. Berikut disajikan tabel rata-rata konversi DPMO menjadi nilai sigma sesuai standar Motorola (Gaspersz, 2015).

Tabel 4. 6 Tabel Konversi DPMO ke Nilai Six Sigma

DPMO	Nilai Sigma	Keterangan
691462	1-sigma	Tingkat kompetitivitas sangat rendah
308538	2-sigma	Standar Industri Umum
66807	3-sigma	Kondisi Industri Indonesia
6210	4-sigma	Standar Industri Umum
233	5-sigma	Amerika Serikat
3,4	6-sigma	Industri Kelas Dunia



Gambar 4. 3 Grafik Nilai Six Sigma

Berdasarkan hasil perhitungan, nilai DPMO sebesar 475,177 kemudian dikonversi ke nilai sigma dan menghasilkan level sigma 4,804. Nilai ini menunjukkan bahwa proses produksi Perusahaan *Electronics Manufacturing* berada pada kategori performa yang baik serta berada di atas rata-rata industri manufaktur. Tingkat cacat yang terjadi relatif rendah, namun masih terdapat peluang untuk meningkatkan kualitas agar dapat mencapai level performa yang lebih unggul, seperti level 5 atau bahkan 6 sigma.

4.2.2.3 Perhitungan peta kendali

Berikut merupakan sejumlah perhitungan yang digunakan untuk membuat peta kendali pada bulan Agustus:

1. Proporsi

$$\bar{p} = \frac{\text{jumlah produk cacat}}{\text{jumlah produksi}}$$

$$\bar{p} = \frac{24}{3459}$$

$$\bar{p} = 0,0069$$

2. CL (*central limit*)

$$CL = \frac{\sum \text{jumlah produk cacat}}{\sum \text{jumlah produksi}}$$

$$CL = \frac{117}{15389}$$

$$CL = 0,00760$$

3. UCL (*upper control limit*)

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

$$UCL = CL + 3 \sqrt{\frac{0,00760(1-0,00760)}{3459}}$$

$$UCL = 0,01203$$

4. LCL (*lower control limit*)

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

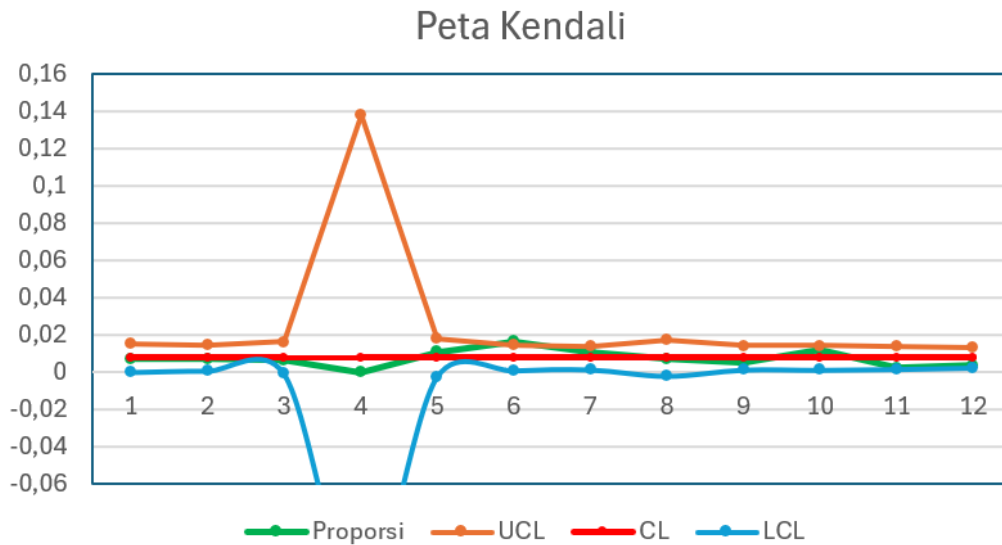
$$LCL = CL - 3\sqrt{\frac{0,0076(1-0,0076)}{3459}}$$

$$LCL = 0,003172$$

Tabel 4. 7 Perhitungan Peta kendali Periode 3 Bulan

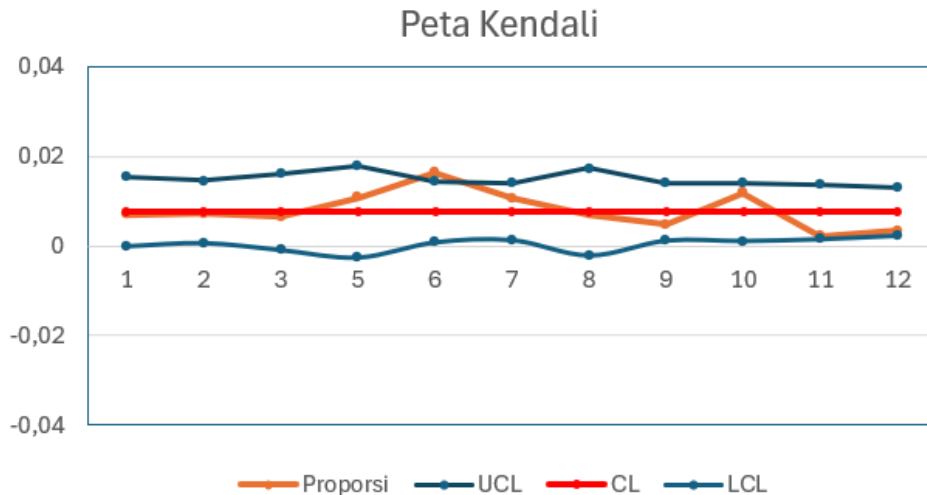
Minggu	Jumlah Produk si	Jumlah Cacat	Proporsi	UCL	CL	LCL
Minggu 1	1142	8	0,007005	0,01531398	0,0076028 3	0,0000
Minggu 2	1388	10	0,007205	0,01459734	0,0076028 3	0,0006083
Minggu 3	925	6	0,006486	0,01617086	0,0076028 3	0,0000
Minggu 4	4	0	0	0,13789603	0,0076028 3	0,0000
Minggu 5	646	7	0,010836	0,01785547	0,0076028 3	0,0000
Minggu 6	1454	24	0,016506	0,01443675	0,0076028 3	0,0007689
Minggu 7	1687	18	0,01067	0,01394729	0,0076028 3	0,0012584
Minggu 8	711	5	0,007032	0,01737559	0,0076028 3	0,0000
Minggu 9	1639	8	0,004881	0,01403952	0,0076028 3	0,0011661
Minggu 10	1591	19	0,011942	0,01413589	0,0076028 3	0,0010698
Minggu 11	1812	4	0,002208	0,01372454	0,0076028 3	0,0014811
Minggu 12	2390	8	0,003347	0,01293315	0,0076028 3	0,0022725

Setelah didapatkan nilai dari proporsi, CL, UCL dan LCL maka akan data yang telah didapatkan tersebut nantinya divisualisasikan dalam bentuk grafik peta kendali. Berikut adalah grafik peta kendali:



Gambar 4. 4 Grafik Peta Kendali

Berdasarkan analisis diagram kendali p yang telah ditetapkan, diperoleh nilai garis tengah (CL) sebesar 0,007603 dengan batas kendali yang dihitung secara individual tiap minggu karena ukuran sampel yang berbeda-beda. Dari 12 titik data yang dipetakan, terdapat satu titik terdeteksi berada di luar batas kendali, yakni Minggu 6 dengan proporsi cacat sebesar 0,016506 yang melampaui UCL sebesar 0,014437, mengindikasikan adanya variasi penyebab khusus (*special cause*) pada minggu tersebut. Selain itu, Minggu 4 teridentifikasi sebagai data outlier karena jumlah produksi yang tercatat hanya sebesar 4 unit jauh lebih kecil dibandingkan minggu lainnya yang rata-rata mencapai ratusan hingga ribuan unit sehingga menghasilkan UCL yang tidak representatif sebesar 0,138. Data Minggu 4 kemudian dikeluarkan dari analisis agar tidak mendistorsi hasil perhitungan batas kendali secara keseluruhan.



Gambar 4. 5 Grafik Peta Kendali Tanpa Minggu 4

Setelah data Minggu 4 dikeluarkan, perhitungan diulang menggunakan 11 titik data dengan total produksi sebesar 15.385 unit dan total cacat sebanyak 117 unit, sehingga diperoleh nilai CL baru sebesar $\bar{p} = 0,007605$. Nilai CL yang dihasilkan tidak berubah secara signifikan karena kontribusi Minggu 4 terhadap total produksi memang sangat kecil. Namun batas kendali tiap minggu menjadi lebih representatif karena tidak lagi dipengaruhi oleh sampel yang ekstrem. Minggu 6 ditunjukkan oleh hasil pemetaan ulang sebagai satu-satunya titik di luar batas kendali, sehingga kesimpulan bahwa proses tidak terkendali secara statistic tetap berlaku dan memerlukan tindak lanjut pada tahap analisis berikutnya.

4.2.3 Analyze

Tahap Analyze merupakan langkah untuk menelusuri penyebab utama terjadinya cacat pada proses produksi. Pada fase ini, data cacat yang telah dikumpulkan sebelumnya dianalisis lebih dalam untuk mengetahui pola ketidaksesuaian dan menentukan faktor yang paling dominan. Analisis dimulai dengan penyusunan diagram Pareto untuk mengidentifikasi jenis cacat yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total ketidaksesuaian. Setelah jenis cacat prioritas ditentukan, proses dilanjutkan dengan analisis akar penyebab menggunakan diagram sebab akibat (fishbone) guna memetakan faktor-faktor penyebab berdasarkan kategori 5M. Hasil dari tahap Analyze ini menjadi dasar dalam merumuskan rekomendasi perbaikan pada tahap berikutnya.

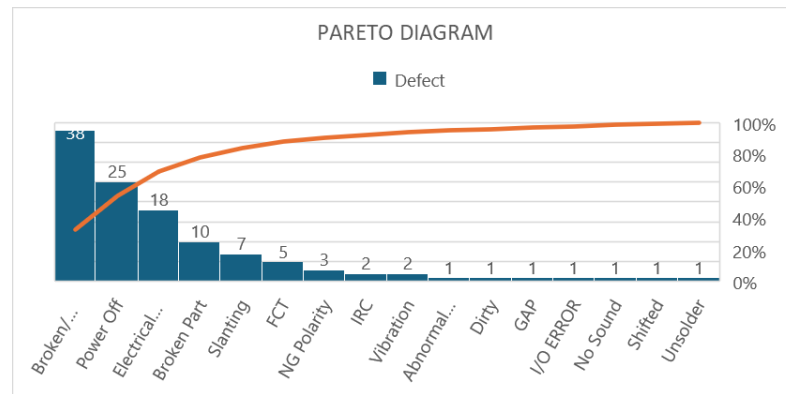
4.2.3.1 Diagram Pareto

Pada fase awal Analyze, diagram Pareto disusun untuk mengidentifikasi jenis cacat yang paling dominan di antara seluruh kategori cacat yang muncul. Analisis ini bertujuan untuk menentukan prioritas utama yang perlu dilakukan perbaikan. Adapun hasil perhitungan serta grafik Pareto yang diperoleh ditunjukkan sebagai berikut:

Tabel 4. 8 Perhitungan Diagram Pareto

Jenis cacat	Jumlah	Presentase	Persentase
		Frekuensi <i>Defect</i>	Kumulatif Frekuensi <i>Defect</i>
Broken/ Scratch	38	32,48%	32,48%
Power Off	25	21,37%	53,85%
Electrical Error	18	15,38%	69,23%
Broken Part	10	8,55%	77,78%
Slanting	7	5,98%	83,76%
FCT	5	4,27%	88,03%
NG Polarity	3	2,56%	90,60%
IRC	2	1,71%	92,31%
Vibration	2	1,71%	94,02%
Abnormal Function	1	0,85%	94,87%
Dirty	1	0,85%	95,73%
GAP	1	0,85%	96,58%
I/O ERROR	1	0,85%	97,44%
No Sound	1	0,85%	98,29%
Shifted	1	0,85%	99,15%
Unsolder	1	0,85%	100,00%
Total	117	100%	

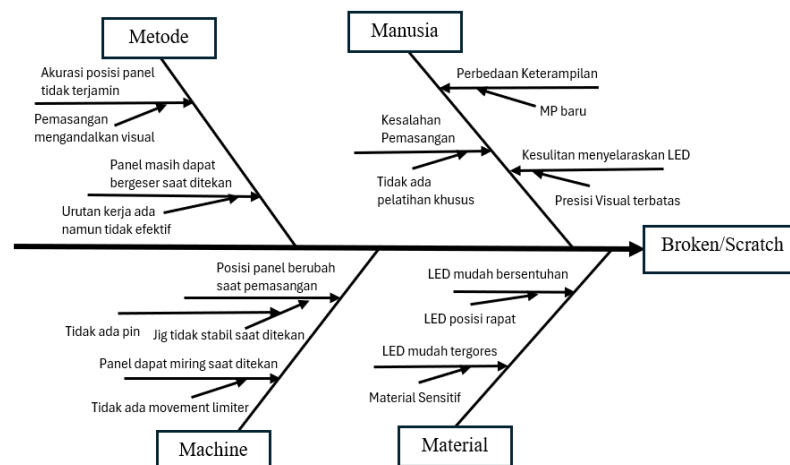
Setelah didapatkan nilai dari persentase frekuensi *defect* dan persentase kumulatif frekuensi *defect* maka data yang telah didapatkan tersebut nantinya akan dibuat diagram pareto. Berikut merupakan diagram pareto:



Gambar 4. 6 Diagram Pareto

Hasil perhitungan Pareto menunjukkan bahwa cacat Broken/Scratch menjadi jenis cacat yang paling sering terjadi dengan jumlah 38 kasus atau sebesar 32,48% dari total cacat. Jenis cacat berikutnya adalah Power Off (21,37%), Electrical Error (15,38%), dan Broken Part (8,55%). Keempat jenis cacat ini berkontribusi sebesar 77,78% terhadap total *defect* yang terjadi selama periode pengamatan. Mengacu pada aturan Pareto (80/20), Sebagian besar masalah disebabkan oleh sedikit faktor utama. Hal ini sesuai dengan prinsip yang ditegaskan bahwa 80% persoalan muncul dari 20% penyebab utama. Oleh karena itu, analisis difokuskan pada jenis cacat yang paling berpengaruh besar, yakni Broken/Scratch, karena memiliki pengaruh paling signifikan terhadap kualitas produk dan menjadi prioritas utama untuk dianalisis pada tahap berikutnya.

4.2.3.2 Fishbone Diagram



Gambar 4. 7 Diagram Fishbone

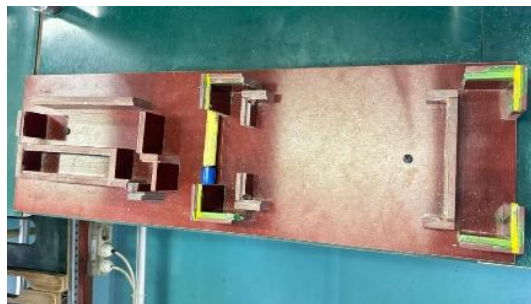
Pada fishbone diagram diatas menunjukkan bahwa Cacat Broken/Scratch yang menjadi prioritas perbaikan selanjutnya yang dianalisis lebih dalam menggunakan diagram sebab

akibat. Penyebab masalah diuraikan melalui diagram fishbone berdasarkan faktor-faktor utama yaitu manusia, metode, material, dan mesin, yang dapat mengidentifikasi secara sistematis terhadap akar penyebab utama cacat.

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa terdapat empat faktor utama yang berpotensi menyebabkan cacat berupa scratch pada proses DBR, yaitu faktor manusia, mesin, metode, dan material. Pada faktor manusia, variasi keterampilan operator dalam menjaga kestabilan posisi panel masih menjadi penyebab utama karena proses penempatan dilakukan secara manual. Pada faktor mesin, jig yang digunakan masih berupa slot atau kotak posisi tanpa pin alignment maupun penahan yang memadai, sehingga panel masih dapat bergeser saat proses berlangsung. Faktor metode muncul karena WI belum secara spesifik mengatur prosedur penempatan panel agar benar-benar stabil sebelum diproses, sehingga operator harus menyesuaikan posisi panel secara manual. Sementara itu, pada faktor material, LED bersifat sensitif terhadap gesekan sehingga pergeseran kecil pada panel dapat menyebabkan scratch pada permukaan LED.

4.2.4 Improve

Pada fase Improve, hasil dari analisis fishbone digunakan sebagai dasar untuk merancang tindakan perbaikan terhadap cacat Broken/Scratch. Berdasarkan akar penyebab yang diidentifikasi pada tahap Analyze, permasalahan utama berasal dari ketidakstabilan posisi panel pada jig dan kesulitan operator dalam menjaga alignment selama proses pemasangan Rear Panel, sehingga panel berpotensi bergeser dan menyebabkan LED terkena gesekan. Untuk mencegah terjadinya kesalahan sejak awal proses, diperlukan solusi yang mampu memastikan posisi panel tetap stabil tanpa bergantung pada ketelitian operator. Oleh karena itu, penelitian ini memilih pendekatan poka-yoke sebagai metode perbaikan, karena dapat menyediakan mekanisme pencegahan yang sederhana namun efektif dalam meminimalkan potensi cacat scratch.



Gambar 4. 8 Before Jig Kayu



Gambar 4. 9 Proses Pemasangan Jig Before

Berdasarkan hasil analisis pada tahap Analyze, cacat LED Scratch terjadi terutama karena ketidakstabilan posisi panel pada jig serta ketiadaan guidance yang mampu menahan posisi komponen saat proses pemasangan Rear Panel. Kondisi ini membuat panel masih dapat bergeser, sehingga LED berpotensi melakukan kontak tidak diinginkan dengan permukaan Rear Panel dan menyebabkan goresan.

Untuk mencegah terulangnya cacat tersebut, diperlukan solusi yang dapat memastikan posisi panel tetap stabil dan terarah dengan benar selama proses pemasangan. Berdasarkan diskusi dengan foreman serta evaluasi proses, dirumuskan alternatif perbaikan berupa pengembangan jig dengan pin alignment yang berfungsi sebagai penuntun posisi (*alignment guide*) sekaligus pembatas pergerakan panel. Jig yang diusulkan ini diharapkan mampu mengurangi pergeseran panel, memusatkan posisi secara otomatis, serta meminimalkan potensi kontak antara LED dan Rear Panel yang dapat menyebabkan scratch.

4.2.5 Control

Pada tahap Control, rencana pengawasan disusun oleh peneliti guna memastikan penerapan dan pemantauan berkelanjutan terhadap rekomendasi perbaikan. Karena jig penstabil panel (pin alignment jig) yang diusulkan belum diproduksi oleh perusahaan, maka pengendalian dilakukan dalam bentuk rancangan kontrol yang meliputi pembuatan check sheet, revisi *Work Instruction* (WI), serta prosedur pemantauan *defect* setelah implementasi dilakukan oleh perusahaan.

Pengendalian difokuskan pada proses pemasangan Rear Panel dan HS Amp Assy, yaitu titik proses dimana cacat LED Scratch paling sering terjadi. Indikator utama yang dikendalikan meliputi jumlah *defect* LED Scratch per minggu, kestabilan posisi panel pada jig sebelum proses perakitan, serta tingkat kepatuhan operator terhadap prosedur kerja baru yang menekankan penggunaan pin alignment sebagai penuntun posisi panel.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Define

Perusahaan *Electronics Manufacturing* memproduksi berbagai perangkat audio, salah satunya speaker model DBR Series. Sistem produksi yang digunakan bersifat *make to order* (MTO), di mana proses perakitan dilaksanakan sesuai dengan permintaan dan kebutuhan pelanggan dan kebutuhan dari Perusahaan *Electronics Manufacturing Corporation* sebagai principal. Dengan sistem tersebut, ketepatan kualitas pada setiap proses perakitan menjadi sangat penting, karena produk yang dihasilkan langsung ditujukan untuk pemenuhan demand global dan harus memenuhi standar mutu internasional.

Pada lini perakitan DBR Series, salah satu sub proses yang berperan penting adalah Sub Assy Amps, khususnya pada tahapan Rear Panel & HS Amps Assy. Proses ini mencakup pemasangan panel belakang (rear panel) ke PCB DSP sebagai unit elektronik utama. Tahapan ini melibatkan komponen mekanik dan elektronik yang sensitif sehingga memerlukan akurasi tinggi dari operator.

5.1.1 Analisis Diagram SIPOC

Alur proses di Sub Assy Amps dipetakan melalui Diagram SIPOC, khususnya pada tahapan Rear Panel & HS Amps Assy. Melalui diagram ini, proses perakitan dapat dilihat dari sudut pandang input output secara menyeluruh sehingga memudahkan identifikasi area yang berpotensi menimbulkan *defect*.

Pada bagian Supplier, komponen yang masuk ke proses ini berasal dari beberapa area seperti Warehouse (material incoming) dan Sub Assy PCB. Seluruh komponen tersebut harus memenuhi standar kualitas karena dipasang langsung pada unit elektronik utama.

Pada bagian Input, material yang digunakan pada proses Rear Panel & HS Amps Assy terdiri dari PCB DSP, rear panel, heatsink, LED, kabel harness, screw, serta jig sebagai alat bantu. Ketelitian dalam penempatan dan perakitan setiap komponen sangat memengaruhi kualitas akhir produk.

Pada bagian Process, tahapan yang dilakukan meliputi pemasangan rear panel ke PCB DSP, pengecekan kesesuaian posisi panel dengan komponen yang ada pada PCB, pemasangan heatsink, pengencangan screw, hingga pemeriksaan awal sebelum unit dipindahkan ke proses

berikutnya. Proses ini memerlukan presisi tinggi karena melibatkan komponen elektronik yang sensitif terhadap tekanan maupun pergeseran.

Pada bagian Output, proses ini menghasilkan unit Amps Assy yang telah terpasang lengkap dan siap masuk ke tahapan berikutnya, yaitu Check APX dan final assembly. Unit yang diteruskan harus dalam kondisi mekanik dan elektrik yang stabil, khususnya pada area panel belakang dan komponen LED.

Terakhir, Customer dari proses ini adalah operator pada proses berikutnya serta divisi OQC (*Outgoing Quality Control*) yang melakukan pemeriksaan lanjutan terhadap kualitas unit yang dihasilkan. Apabila ditemukan cacat seperti LED tergores atau panel tidak presisi, unit akan dikembalikan untuk diperbaiki sehingga berdampak pada waktu dan efisiensi produksi. Melalui diagram SIPOC ini, proses Rear Panel & HS Amps Assy dapat dipetakan secara komprehensif sehingga mendukung analisis lebih lanjut terhadap akar penyebab *defect*.

5.1.2 Analisis CTQ (*Critical To Quality*)

Pada tahap Define, *Critical to Quality* (CTQ) ditetapkan guna mengidentifikasi karakteristik kualitas utama yang perlu dikendalikan pada proses perakitan DBR Series. CTQ ditentukan berdasarkan observasi langsung di lini produksi, analisis data *defect* tiga bulan terakhir, serta diskusi dengan foreman dan operator yang bekerja di Sub Assy Amps.

Hasil analisis menunjukkan bahwa *defect* yang paling berpengaruh terhadap kualitas produk adalah Broken/Scratch, terutama pada area LED dan komponen sekitar panel belakang. *Defect* jenis ini bersifat kritis karena dapat menyebabkan unit tidak lolos pemeriksaan OQC, menurunkan estetika produk, dan berpotensi mengganggu fungsi jika terjadi kontak atau gesekan berlebih pada area LED.

Analisis awal mengindikasikan bahwa sebagian besar *defect* Broken/Scratch terjadi pada tahapan Rear Panel & HS Amps Assy, khususnya saat proses pemasangan Rear Panel ke PCB DSP. Dari hasil pengamatan, kondisi-kondisi yang memicu terjadinya *defect* antara lain:

1. Panel tidak sepenuhnya stabil pada jig existing, sehingga masih terdapat pergeseran kecil ketika panel disatukan dengan PCB DSP.
2. Ketiadaan guidance atau penunjuk posisi pada jig, membuat operator harus menyesuaikan posisi secara manual saat melakukan assembly.
3. Variasi cara kerja antar operator, yang menyebabkan konsistensi penanganan panel berbeda-beda.

4. Akurasi pemasangan bergantung pada feeling operator, sehingga risiko kontak atau gesekan LED dengan lubang panel meningkat.

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar *defect* termasuk kategori *self defect*, yaitu cacat yang terjadi langsung di lini perakitan DBR, bukan berasal dari proses sebelumnya. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan Six Sigma dimulai dari tahap Define yang digunakan untuk mengenali sumber utama permasalahan secara terstruktur serta menjadi dasar dalam menentukan langkah perbaikan yang akan diimplementasikan pada tahap berikutnya.

5.2 Measure

Pada tahap kedua Six Sigma yang disebut Measure, performa proses diukur secara kuantitatif. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data cacat, perhitungan DPMO, serta penentuan level sigma untuk menilai kemampuan proses produksi dalam memenuhi standar kualitas perusahaan.

Pengukuran tersebut dilakukan berdasarkan data produksi dan data *defect* pada lini perakitan DBR selama tiga bulan terakhir. Data tersebut bersumber dari OQC (*Outgoing Quality Control*) dan catatan inspeksi internal di Sub Assy Amps. Melalui tahap Measure ini, kondisi aktual kualitas proses dapat terlihat secara objektif, sehingga menjadi acuan dalam melakukan analisis akar penyebab masalah pada tahap selanjutnya.

5.2.1 Analisis Nilai *Defect Per Million Opportunities* (DPMO)

Tingkat peluang cacat per satu juta kesempatan pada proses produksi di Line DBR dihitung melalui analisis DPMO. Pada penelitian ini, data yang digunakan diambil selama tiga bulan yakni Agustus, September, dan Oktober, dengan total produksi sebanyak 15.389 unit serta jumlah cacat sebanyak 117 unit. Jumlah peluang cacat dihitung menggunakan 16 kategori CTQ sesuai standar perusahaan. Melalui perhitungan tersebut diperoleh nilai DPMO sebesar 433.651 pada Agustus, meningkat menjadi 750.333 pada September, dan kemudian menurun kembali menjadi 475.177 pada Oktober.

Jika memperhatikan pola perubahan nilai DPMO tersebut, terlihat bahwa proses produksi belum menunjukkan konsistensi. Lonjakan yang cukup besar pada bulan September menandakan adanya peningkatan variasi kecacatan pada periode tersebut, yang mengindikasikan bahwa proses masih sensitif terhadap ketidakteraturan atau faktor ketidaktelitian kerja. Ketidakstabilan ini mengisyaratkan bahwa pengendalian kualitas yang ada masih perlu diperkuat agar variasi antarperiode dapat ditekan.

Secara keseluruhan, nilai rata-rata DPMO sebesar 475.177 menunjukkan bahwa terdapat sekitar 475 cacat dalam setiap 1.000.000 peluang proses. Nilai ini menunjukkan bahwa walaupun proses tidak berada pada kondisi buruk, masih terdapat ruang yang cukup besar untuk melakukan perbaikan sehingga tingkat kecacatan dapat diminimalkan dan konsistensi kualitas dapat ditingkatkan.

5.2.2 Analisis Nilai Sigma

Nilai sigma digunakan untuk melihat seberapa baik proses mampu menghasilkan produk sesuai standar yang ditetapkan. Dari hasil konversi DPMO, nilai sigma pada bulan Agustus sebesar 4,830, kemudian menurun pada bulan September menjadi 4,674, dan kembali meningkat pada bulan Oktober menjadi 4,804. Secara rata-rata, nilai sigma selama tiga bulan mencapai level 4,804, yang mengindikasikan bahwa performa proses sudah lebih baik dibandingkan rata-rata industri manufaktur yang umumnya berada pada kisaran 3 sampai 4 sigma.

Meskipun nilai sigma berada pada kategori baik, fluktuasi yang terjadi menunjukkan bahwa proses belum sepenuhnya stabil. Penurunan nilai sigma pada bulan September mengindikasikan adanya peningkatan *defect* yang cukup signifikan sehingga mempengaruhi kapabilitas proses. Kondisi ini menunjukkan bahwa masih terdapat faktor penyebab cacat yang belum terkendali secara konsisten, seperti variasi pemasangan komponen, penggunaan alat bantu, maupun kondisi material.

Untuk memperjelas kondisi tersebut, analisis dilanjutkan menggunakan nilai DPMO. Berdasarkan hasil perhitungan, lonjakan DPMO tertinggi terjadi pada bulan September sebesar 750.333, meningkat dari 433.651 pada bulan Agustus. Peningkatan ini menunjukkan bahwa tingkat risiko terjadinya *defect* pada bulan September hampir dua kali lipat dibandingkan bulan sebelumnya. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya faktor penyebab *defect* yang belum teridentifikasi dan belum terkendali pada periode tersebut.

Apabila dibandingkan dengan standar industri kelas dunia, nilai rata-rata DPMO sebesar 475.177 masih jauh dari target Six Sigma ideal sebesar 3,4 DPMO (setara dengan level sigma 6). Hal ini menggambarkan bahwa dalam setiap satu juta peluang produksi yang ada, masih tersisa 475.177 kemungkinan terjadinya *defect* atau cacat produk yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut. Meskipun nilai sigma sebesar 4,8 telah melampaui rata-rata industri manufaktur, hasil tersebut masih menunjukkan adanya peluang perbaikan yang signifikan untuk mencapai tingkat kualitas yang lebih tinggi.

Dengan nilai sigma yang mendekati level 5, perusahaan memiliki potensi untuk meningkatkan kapabilitas proses ke level yang lebih tinggi apabila variasi penyebab *defect* dapat dikendalikan. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan yang berfokus pada pengurangan variasi proses. Salah satu usulan dalam penelitian ini adalah penerapan konsep poka-yoke melalui perancangan jig berbasis positioning untuk meminimalkan pergeseran rear panel selama proses assembly. Dengan berkurangnya variasi tersebut, diharapkan nilai DPMO dapat ditekan secara konsisten sehingga kinerja proses menjadi lebih stabil dan mendekati level sigma yang lebih tinggi.

5.2.3 Analisis Peta Kendali

Peta kendali p digunakan untuk memantau persentase produk cacat pada proses produksi ketika ukuran sampel pada setiap periode pengamatan berbeda. Pada penelitian ini, data dikumpulkan selama 12 minggu yang mencakup periode Agustus hingga Oktober 2025, dengan masing-masing bulan terdiri dari empat minggu pengamatan.

Berdasarkan keseluruhan data, total produk yang diamati berjumlah 15.389 unit dengan jumlah produk cacat sebanyak 117 unit. Nilai garis tengah (*Center Line/CL*) atau rata-rata proporsi cacat keseluruhan diperoleh sebesar $\bar{p} = 0,007603$, yang berarti rata-rata terdapat sekitar 0,76% produk cacat dari seluruh produksi. Batas kendali atas (UCL) dan batas kendali bawah (LCL) diperoleh melalui perhitungan secara individual untuk setiap minggu karena ukuran sampel yang berbeda-beda, menggunakan rumus $UCL/LCL = \bar{p} \pm 3\sqrt{(\bar{p}(1-\bar{p}))/n_i}$. Apabila hasil perhitungan LCL bernilai negatif, maka nilai LCL ditetapkan sama dengan nol karena proporsi cacat tidak dapat bernilai negatif.

Pada Minggu 4 (bulan Agustus), jumlah produksi hanya tercatat sebesar 4 unit dengan 0 produk cacat, sehingga nilai proporsi cacat pada minggu tersebut adalah 0. Ukuran sampel yang sangat kecil ini menghasilkan UCL yang sangat lebar yaitu sebesar 0,138, jauh melampaui minggu-minggu lainnya. Hal ini merupakan konsekuensi matematis dari rumus batas kendali, di mana semakin kecil nilai n maka semakin besar rentang kendalinya. Data minggu ini tetap disertakan dalam perhitungan karena merupakan data aktual yang tercatat selama periode pengamatan.

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa terdapat satu titik yang berada di luar batas kendali, yaitu pada Minggu 6 (bulan September) dengan nilai proporsi cacat sebesar 0,016506, melampaui nilai UCL minggu tersebut sebesar 0,014437. Kondisi ini mengindikasikan adanya variasi penyebab khusus (*special cause variation*) yang menyebabkan lonjakan cacat secara

tidak normal pada minggu tersebut, di mana tercatat 24 unit cacat dari 1.454 unit produksi. Fenomena ini perlu mendapat perhatian serius karena menunjukkan bahwa proses pada minggu tersebut tidak berada dalam kondisi terkendali.

Selain itu, pada Minggu 10 (bulan Oktober), nilai proporsi cacat sebesar 0,011942 mendekati UCL (0,014136), menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan cacat meskipun masih dalam batas kendali. Sebaliknya, Minggu 11 dan 12 menunjukkan penurunan proporsi cacat yang signifikan (masing-masing 0,002208 dan 0,003347), jauh di bawah CL, yang dapat mengindikasikan adanya perbaikan proses atau perubahan kondisi produksi pada akhir periode pengamatan.

Secara keseluruhan, proses produksi belum mencapai kondisi kendali statistik (*out of statistical control*) karena terdapat satu titik data yang melebihi batas kendali atas. Keadaan ini menunjukkan bahwa masih terdapat sumber variasi yang belum teridentifikasi dan belum ditangani dalam proses produksi. Karenanya, diperlukan analisis lanjutan melalui diagram Pareto untuk memetakan jenis cacat yang paling dominan, diikuti diagram sebab akibat (fishbone diagram) guna melacak akar penyebab utama dari kecacatan yang terjadi, sebagai dasar penentuan langkah perbaikan pada tahap Improve dalam kerangka DMAIC.

5.3 Analyze

5.3.1 Analisis Diagram Pareto

Berdasarkan hasil pengolahan data *defect* pada periode Agustus sampai Oktober 2025, dilakukan penyusunan diagram Pareto untuk mengetahui jenis *defect* yang paling banyak menyumbang terhadap total *defect* pada Line DBR. Dari total 117 produk cacat, empat kategori cacat utama menunjukkan persentase kumulatif yang mencakup lebih dari 75% dari keseluruhan *defect*.

Jenis cacat Broken/Scratch menempati urutan pertama dengan jumlah 38 *defect* atau sebesar 32,48% dari total cacat. Cacat ini menjadi penyumbang terbesar dan muncul paling dominan dibandingkan kategori lainnya, sehingga secara visual berada di posisi paling kiri pada diagram Pareto. Selanjutnya, cacat Power Off berada pada posisi kedua dengan kontribusi sebesar 21,37% atau sebanyak 25 kasus. Kedua jenis cacat ini saja sudah mencapai lebih dari 50% total *defect*.

Jenis cacat berikutnya yang memiliki kontribusi signifikan adalah Electrical Error sebesar 15,38% (18 kasus), serta Broken Part dengan persentase 8,55% (10 kasus). Jika keempat kategori tersebut dijumlahkan, kontribusinya mencapai 77,78% dari total cacat.

Prinsip pareto 80/20 diterapkan di mana sebagian besar permasalahan kualitas disebabkan oleh Sebagian kecil kategori *defect* yang dominan. Aturan ini menyatakan bahwa 80% masalah kualitas dihasilkan oleh hanya 20% penyebab utama.

Berdasarkan temuan tersebut, cacat Broken/Scratch menjadi prioritas utama untuk dilakukan analisis mendalam pada tahap selanjutnya. Dengan memfokuskan pada cacat yang paling dominan, perbaikan diharapkan dapat memberikan dampak besar terhadap peningkatan kualitas hasil produksi pada Line DBR. Oleh karena itu, tahap berikutnya adalah menggali akar penyebab terjadinya cacat Broken/Scratch melalui analisis diagram sebab akibat (fishbone) sebelum merumuskan alternatif perbaikan yang tepat.

5.3.2 Analisis Fishbone Diagram

Berdasarkan hasil analisis diagram Pareto, jenis cacat Broken/Scratch pada LED merupakan cacat dengan frekuensi tertinggi, yaitu sebesar 38 unit atau 32,48% dari total *defect*. Sehingga, jenis *defect* ini dipilih sebagai prioritas utama untuk dianalisis menggunakan fishbone diagram guna mengidentifikasi faktor-faktor penyebabnya.

Permasalahan Broken/Scratch ditemukan bukan disebabkan oleh satu faktor tunggal, melainkan dihasilkan oleh kombinasi faktor manusia, mesin/jig, metode kerja, serta karakteristik material LED yang dijelaskan sebagai berikut:

a. Faktor Manusia (Man)

Pada faktor manusia, ditemukan bahwa operator sering mengalami kesulitan saat menyelaraskan posisi LED dengan lubang pada Rear Panel, terutama karena keterbatasan presisi visual serta perbedaan tingkat keterampilan antar operator. Kondisi ini menyebabkan operator perlu melakukan penyesuaian manual yang meningkatkan risiko LED bersentuhan dengan tepi lubang panel.

Dalam beberapa kondisi, operator juga cenderung memberikan tekanan lebih saat memasang panel, terutama ketika posisinya belum sesuai. Hal ini dapat menyebabkan LED tergores akibat kontak dengan dinding lubang. Selain itu, pemahaman operator mengenai titik-titik kritis yang rawan menyebabkan scratch masih perlu ditingkatkan, karena belum ada pelatihan khusus yang berfokus pada teknik pencegahan goresan LED saat pemasangan Rear Panel. Akibatnya, variasi cara kerja antar operator relatif tinggi dan memengaruhi konsistensi kualitas hasil perakitan.

b. Faktor Mesin (Machine)

Dari sisi peralatan, jig yang digunakan pada proses Rear Panel & HS Amps Assy belum menyediakan fitur penuntun posisi (guidance) yang mampu menjaga agar panel tetap sejajar dan stabil ketika proses penyatuan dilakukan. Jig cenderung mudah bergeser ketika panel ditekan, sehingga posisi panel dapat berubah dan meningkatkan potensi kontak dengan LED.

Selain itu, tidak tersedia komponen pendukung seperti alignment guide, stopper, atau pengunci posisi yang memastikan lubang panel tetap berada di posisi yang tepat terhadap LED. Kondisi ini membuat operator harus mengatur posisi secara manual tanpa bantuan mekanis yang memadai, sehingga risiko terjadinya scratch meningkat.

c. Faktor Metode Kerja (Method)

Pada faktor metode, *Work Instruction* (WI) sebenarnya telah memuat langkah dan arah pemasangan Rear Panel. Namun, instruksi tersebut belum sepenuhnya efektif dalam kondisi kerja aktual. Meskipun operator mengikuti WI, posisi panel masih dapat bergeser ketika proses penekanan dilakukan, sehingga potensi kontak antara LED dan dinding lubang panel tetap ada.

Hal ini terjadi karena WI belum dilengkapi dengan alat bantu yang menjaga kestabilan panel selama pemasangan. Tanpa fitur pemandu posisi (guidance) pada jig, operator harus menyesuaikan posisi panel secara visual, sehingga akurasi pemasangan sangat bergantung pada persepsi masing-masing operator. Akibatnya, meskipun urutan pemasangan sudah ditentukan, risiko gesekan pada LED tetap ada karena posisi panel belum sepenuhnya terkendali.

d. Faktor Material (Material)

Toleransi fisik antara dimensi LED dan lubang pada Rear Panel relatif kecil, sehingga sedikit pergeseran pada panel atau ketidaktepatan posisi selama pemasangan dapat menyebabkan LED bersentuhan dengan dinding lubang panel. Selain itu, material LED pada dasarnya cukup sensitif terhadap tekanan dan gesekan ringan, sehingga potensi scratch muncul meskipun kontak terjadi dengan tekanan minimal. Karena karakteristik LED yang rentan terhadap gesekan, diperlukan kondisi pemasangan yang stabil dan presisi. Ketika panel atau jig tidak sepenuhnya terkendali posisinya, risiko cacat Broken/Scratch semakin besar.

5.4 Improve

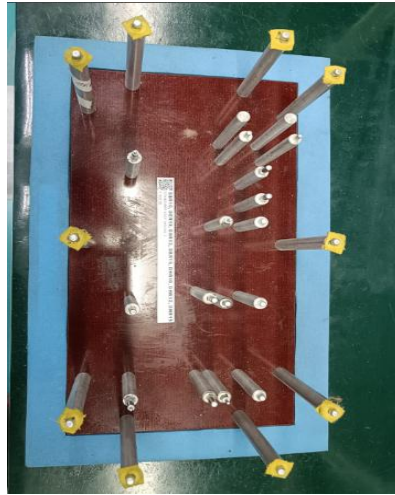
5.4.1 Poka Yoke

Pada tahap Improve, usulan perbaikan difokuskan pada upaya menghilangkan potensi kesalahan (error) yang menyebabkan cacat Broken/Scratch pada LED. Pendekatan yang digunakan adalah metode Poka Yoke, yaitu teknik pencegahan kesalahan (*error proofing*) yang memastikan proses perakitan berjalan benar sejak awal sehingga *defect* dapat dicegah sebelum terjadi.

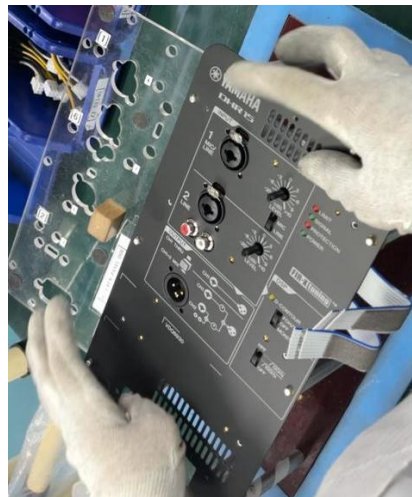
Berdasarkan hasil analisis fishbone, diketahui bahwa penyebab utama munculnya cacat Broken/Scratch LED berasal dari pergerakan panel yang tidak terkontrol saat proses pemasangan, kondisi jig lama yang kurang stabil, serta tidak adanya fitur penuntun posisi (guiding) yang membantu operator memasukkan panel dengan aman. Selain itu, sebagian LED sudah berada dalam kondisi miring (slanting) dari proses sebelumnya sehingga pemasangan panel semakin berisiko menimbulkan gesekan pada permukaan LED. Dengan kondisi tersebut, solusi perbaikan tidak diarahkan untuk memperbaiki posisi LED, melainkan untuk mencegah LED bergesekan, terlepas dari apakah LED lurus atau miring. Oleh karena itu, usulan perbaikan difokuskan pada perancangan jig baru berbasis Poka-Yoke dan penyempurnaan metode kerja. Berikut ini merupakan usulan perbaikan berbasis Poka-Yoke:

1. Pembuatan Jig Baru dengan Fitur Error Proofing

Jig lama diketahui masih mudah bergerak saat digunakan dan belum memiliki fitur penuntun untuk membantu memastikan panel masuk dengan jalur yang benar. Hal ini menyebabkan operator harus menyesuaikan posisi secara manual, sehingga LED berisiko tersenggol atau tertekan oleh dinding panel hingga menimbulkan scratch. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diusulkan pembuatan jig baru dengan prinsip Poka-Yoke, dengan fitur-fitur berikut:



Gambar 5. 1 After Jig Pin



Gambar 5. 2 Proses Pemasangan Jig After

a. Pin Jig untuk Rear Panel dan Shield DSP

Pin berfungsi sebagai panduan agar panel ditempatkan pada posisi yang benar dan tidak bergerak selama proses pemasangan, meminimalkan risiko gesekan.

b. Movement Limiter / Allowance

Memberikan batas toleransi gerakan panel sehingga tetap stabil saat ditekan, tanpa mempengaruhi toleransi spesifikasi LED.

2. Revisi *Work Instruction*

Selain perbaikan jig, metode kerja juga disempurnakan untuk memastikan proses berjalan konsisten. Beberapa poin penyempurnaan WI antara lain:

- a. Instruksi wajib menggunakan jig sesuai urutan kerja
- b. Panduan visual mengenai jalur pemasangan panel

- c. Cara menempatkan panel pada jig dengan benar
- d. Larangan menekan panel tanpa dukungan jig

3. Pelatihan Operator

Pelatihan singkat diberikan untuk memastikan operator memahami penggunaan jig baru dan risiko cacat yang dapat muncul bila langkah pemasangan tidak sesuai. Materi pelatihan mencakup:

- a. Cara menggunakan pin jig dan menahan panel pada posisi yang tepat.
- b. Teknik menghindari tekanan berlebih atau gerakan yang dapat menyebabkan scratch.

Perancangan jig usulan pada penelitian ini masih berada pada tahap *conceptual design* yang bertujuan untuk mengatasi permasalahan pergeseran rear panel yang menjadi salah satu penyebab terjadinya *defect* scratch pada proses perakitan. Oleh karena itu, perancangan lebih difokuskan pada prinsip kerja jig serta penambahan elemen penahan posisi komponen, seperti pin pengunci, agar rear panel dapat berada pada posisi yang lebih stabil selama proses *assembly* berlangsung.

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap komponen rear panel, diketahui bahwa terdapat beberapa lubang pada komponen yang dapat dimanfaatkan sebagai titik penempatan pin pada jig. Oleh karena itu, pada rancangan jig usulan ditambahkan sekitar 10 pin yang disesuaikan dengan posisi lubang pada rear panel sehingga dapat berfungsi sebagai penahan dan pengunci posisi komponen agar tidak mudah bergeser saat proses pemasangan komponen lainnya.

Detail ukuran setiap pin maupun diameter lubang tidak dijelaskan secara spesifik dalam penelitian ini karena dimensi tersebut mengikuti ukuran lubang pada komponen rear panel yang telah ditentukan oleh desain produk. Selain itu, tujuan utama penelitian ini adalah memberikan usulan konsep perbaikan jig yang mampu meningkatkan kestabilan posisi komponen selama proses perakitan sehingga potensi terjadinya *defect* dapat diminimalkan. Dengan demikian, rancangan yang diusulkan lebih menitikberatkan pada fungsi dan prinsip kerja jig sebagai alat bantu positioning, bukan pada tahap detail perancangan manufaktur.

Usulan perancangan jig dalam penelitian ini tidak hanya didasarkan pada analisis peneliti, tetapi juga melalui proses diskusi dan pertimbangan bersama dengan pihak yang terlibat langsung dalam proses produksi. Proses diskusi dilakukan bersama mentor lapangan, yaitu Bapak H yang telah bekerja selama 9 tahun dan memiliki pengalaman dalam melakukan berbagai perbaikan pada line produksi. Pengalaman tersebut menjadi pertimbangan penting dalam mengevaluasi kelayakan serta efektivitas usulan jig yang dirancang.

Selain itu, proses analisis juga dibantu oleh Wakil Foreman, yaitu Bapak K yang turut memberikan masukan terkait analisis *defect* yang terjadi serta pertimbangan teknis dalam perancangan jig yang diusulkan yang bekerja selama 25 tahun. Dalam proses ini juga melibatkan Subleader line DBR, yaitu Bapak A yang telah bekerja selama 12 tahun, khususnya dalam memberikan pertimbangan terkait pemilihan material jig serta potensi pengaruhnya terhadap permasalahan pergeseran komponen pada saat proses perakitan.

Dengan adanya diskusi dan masukan dari pihak-pihak yang berpengalaman tersebut, usulan perbaikan yang diajukan dalam penelitian ini diharapkan dapat lebih sesuai dengan kondisi proses produksi yang sebenarnya. Selain itu, rancangan jig yang diusulkan juga telah melalui pertimbangan dan persetujuan dari pihak foreman serta manager terkait sebelum diusulkan sebagai solusi perbaikan

5.4.2 Analisis Biaya Implementasi Jig

Jig Before					
No	Komponen	Material	Fungsi	Jumlah	Harga
1	Jig alas (58x15 cm)	Phenolic board	Sebagai dasar dudukan semua dudukan PCB dan Shield Assy	1	Rp. 238.000
2	Dudukan PCB	Phenolic board	Penyangga PCB	1	Rp. 168.000
3	Dudukan Shield Assy	Phenolic board	Penyangga Shield Assy	1	Rp. 112.000
Total					Rp. 518.000

Jig After					
No	Komponen	Material	Fungsi	Jumlah	Harga
1	Jig alas (29x13 cm)	Phenolic board	sebagai dasar dudukan semua pin jig	1	Rp. 98.000
2	Pin besar	Stainless steel rod	mengunci posisi rear panel	10	Rp. 280.000

3	Pin kecil	Stainless steel rod	menopang shield DSP	10	Rp. 140.000
4	Pad pelindung pin (kuning)	Foam / felt pad	Melindungi rear panel dari goresan dan mencegah pergeseran	10	Rp. 28.000
5	Base Biru (27x17 cm)	Spon EVA	Menahan jig agar tidak gampang bergeser	1	Rp. 28.000
Jumlah					Rp. 574.000

Meskipun biaya pembuatan jig usulan lebih tinggi dibandingkan jig sebelumnya, jig tersebut memiliki fungsi positioning yang lebih baik sehingga dapat mengurangi potensi pergeseran rear panel selama proses perakitan. Dengan berkurangnya *defect*, perusahaan berpotensi mengurangi kerugian akibat produk cacat maupun rework. Oleh karena itu, biaya tambahan pada jig dapat tertutupi oleh penghematan yang diperoleh dari penurunan jumlah *defect* dalam proses produksi.

5.4.3 Implementasi Awal dan Uji Coba Jig

Pengukuran *cycle time* pada kondisi awal dilakukan pada proses pemasangan rear panel di line DBR. Pengamatan dilakukan sebanyak 30 kali untuk memperoleh gambaran waktu proses yang representatif. Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, diperoleh rata-rata waktu proses pemasangan panel sebesar 3,51 menit per unit.

Pada penelitian ini, rancangan jig yang diusulkan masih berada pada tahap *conceptual design*, sehingga pengujian implementasi secara langsung pada line DBR belum dilakukan. Oleh karena itu, untuk memberikan gambaran mengenai potensi peningkatan efisiensi proses, dilakukan pengamatan terbatas pada line produksi lain yang telah menggunakan jig dengan konsep positioning pin yang serupa. Berdasarkan hasil pengamatan sebanyak 10 kali, diperoleh data *cycle time* pemasangan panel sebagai berikut:

Cycle Time	Waktu (menit)
1	2:41
2	2:50

3	2:44
4	2:47
5	2:45
6	2:48
7	2:43
8	2:46
9	2:49
10	2:42
Rata-Rata	2:46

Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa rata-rata waktu proses pemasangan panel pada line yang telah menggunakan jig dengan sistem positioning pin adalah sekitar 2,46 menit per unit. Variasi waktu proses pada setiap pengamatan dipengaruhi oleh kecepatan kerja operator serta kondisi proses pada saat pengamatan dilakukan. Meskipun terdapat perbedaan pada model jig, ukuran komponen, serta model PCB, konsep utama yang digunakan tetap sama, yaitu penggunaan pin positioning untuk menjaga kestabilan rear panel selama proses assembly berlangsung.

Apabila dibandingkan dengan kondisi awal pada line DBR, terdapat potensi penurunan waktu proses dari 3,51 menit menjadi sekitar 2,46 menit, atau berkurang sebesar 1,05 menit per unit. Penurunan waktu proses tersebut setara dengan peningkatan efisiensi sekitar 29,9%. Peningkatan efisiensi ini terjadi karena penggunaan pin positioning mampu menjaga posisi rear panel tetap stabil selama proses pemasangan, sehingga operator tidak perlu melakukan penyesuaian posisi komponen secara berulang. Dengan demikian, konsep jig berbasis Poka-Yoke yang diusulkan dalam penelitian ini berpotensi tidak hanya meningkatkan stabilitas proses perakitan, tetapi juga mempercepat waktu kerja operator.

5.4.4 Dampak Poka-Yoke terhadap Efisiensi dan *Defect*

Penerapan konsep poka-yoke melalui penggunaan jig berbasis positioning memberikan dampak terhadap efisiensi proses pemasangan panel. Berdasarkan hasil pengamatan pada line yang telah menerapkan konsep serupa, rata-rata waktu proses mengalami penurunan dari 3,51 menit menjadi sekitar 2,46 menit per unit. Penurunan waktu proses ini menunjukkan bahwa aktivitas kerja menjadi lebih efisien karena operator tidak perlu melakukan penyesuaian posisi komponen secara berulang selama proses assembly. Dengan berkurangnya aktivitas koreksi

tersebut, variasi gerakan kerja menjadi lebih terkendali sehingga proses pemasangan panel dapat berlangsung lebih cepat dan stabil.

Berdasarkan data produksi selama periode pengamatan tiga bulan, jumlah total produksi tercatat sebanyak 15.389 unit dengan jumlah *defect* Broken/Scratch LED sebanyak 38 unit, sehingga diperoleh *defect rate* sebesar 0,25%. Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram fishbone, penyebab *defect* Broken/Scratch LED dapat dikelompokkan menjadi dua kategori, yaitu faktor mekanikal dan non-mekanikal. Faktor mekanikal meliputi pergeseran posisi rear panel dan tidak adanya mekanisme pengunci pada jig, sedangkan faktor non-mekanikal meliputi kurangnya presisi operator serta faktor lainnya.

Usulan perbaikan dalam penelitian ini adalah perancangan jig dengan penambahan pin positioning sebagai mekanisme poka-yoke. Poka-yoke yang digunakan termasuk dalam kategori control type, yaitu secara fisik mencegah kesalahan dengan memastikan rear panel hanya dapat dipasang pada posisi yang benar, sehingga pergeseran komponen selama proses perakitan dapat diminimalkan.

Faktor mekanikal yang teridentifikasi sebagai sumber utama *defect* dapat ditelusuri pada kondisi fisik jig yang belum memiliki mekanisme pengunci. Dengan penambahan pin positioning, potensi terjadinya *defect* dari sisi mekanikal secara konseptual dapat dikurangi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ewita et al., 2019) yang menunjukkan bahwa penerapan poka-yoke berbasis jig pada proses assembly mampu mengurangi *defect* yang berasal dari faktor mekanikal hingga sebesar 60%. Meskipun konteks industrinya berbeda sehingga angka tersebut tidak dapat diadopsi langsung, prinsip pencegahan kesalahan melalui desain fisik tetap relevan untuk diterapkan pada penelitian ini.

Sementara itu, faktor non-mekanikal seperti variasi presisi operator bersifat probabilistik dan tidak dapat dieliminasi sepenuhnya melalui perbaikan desain jig. Oleh karena itu, penurunan *defect* secara kuantitatif tidak dihitung dalam penelitian ini karena jig usulan belum diimplementasikan pada lini produksi. Dampak aktual dari perbaikan ini perlu diverifikasi lebih lanjut melalui implementasi nyata.

5.5 Control

5.5.1 Rencana Pengendalian Proses

Kestabilan hasil perbaikan dari tahap Improve dipastikan melalui tahap Control, yaitu fase penutup metode Six Sigma agar tetap berjalan optimal dan konsisten dalam periode tertentu. Fokus pengendalian pada tahap ini ditujukan untuk mempertahankan stabilitas proses

pemasangan Rear Panel & HS Amps Assy, terutama setelah implementasi jig baru dan penyempurnaan prosedur kerja. Karena implementasi perbaikan masih berada pada tahap perencanaan, maka pengendalian disusun dalam bentuk rencana kontrol (control plan) yang realistis dan dapat diterapkan oleh perusahaan. Adapun langkah-langkah pengendalian yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Pemeriksaan Kondisi Jig Sebelum Penggunaan

Pemeriksaan dilakukan untuk memastikan jig tetap stabil, tidak longgar, dan mampu memandu posisi panel secara presisi. Jika ditemukan adanya kelonggaran atau pergeseran pada jig, operator wajib melaporkannya kepada teknisi agar dapat segera dilakukan penyesuaian. Kontrol ini penting untuk mencegah terulangnya risiko LED bergesekan dengan panel.

2. Monitoring Kualitas Melalui Pencatatan *Defect*

Pencatatan *defect* dilakukan secara berkala untuk mengevaluasi apakah rancangan jig dan metode kerja baru memberikan pengaruh terhadap penurunan proporsi cacat. Apabila jumlah cacat menunjukkan tren peningkatan, perusahaan dapat segera melakukan evaluasi dan perbaikan lanjutan.

3. Pengawasan oleh Leader

Pengawasan secara langsung dilakukan terutama pada periode awal penerapan metode kerja baru, karena operator memerlukan waktu untuk beradaptasi. Pengawasan ini membantu memastikan proses berjalan stabil dan operator mengikuti standar kerja yang telah ditetapkan.

5.5.2 Keterbatasan Implementasi

Meskipun usulan perbaikan berupa rancangan jig berbasis Poka Yoke menunjukkan potensi dalam meningkatkan efisiensi waktu proses dan pencegahan cacat Broken/Scratch LED, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan. Jig berbasis pin yang digunakan sebagai kondisi after improvement merupakan jig yang telah diterapkan secara produksi massal dan digunakan secara kontinu pada line lain, sehingga kinerjanya telah terbukti stabil dalam jangka panjang. Namun, pada penelitian ini jig tersebut belum diimplementasikan secara langsung pada line DBR tepatnya Rear Panel & HS Amps Assy yang menjadi objek penelitian, melainkan digunakan sebagai benchmark atau referensi perbandingan untuk mengevaluasi potensi perbaikan proses.

Oleh karena itu, hasil perbandingan before dan after dalam penelitian ini lebih menekankan pada analisis potensi peningkatan efisiensi dan pencegahan cacat berdasarkan praktik terbaik yang sudah berjalan, sementara pengukuran dampak aktual terhadap penurunan *defect* dan peningkatan level sigma pada line penelitian masih memerlukan tahapan implementasi dan pengendalian lanjutan.

5.5.3 Potensi Dampak terhadap Peningkatan Kinerja Proses (Six Sigma)

Berdasarkan hasil perbandingan waktu proses dan perbaikan metode kerja, penerapan jig berbasis Poka Yoke berpotensi meningkatkan kinerja proses secara keseluruhan. Penurunan waktu proses menunjukkan berkurangnya variasi kerja operator serta meningkatnya kestabilan proses pemasangan panel. Dalam konteks Six Sigma, kondisi ini secara teoritis dapat berkontribusi terhadap peningkatan level sigma karena berkurangnya peluang terjadinya *defect*. Namun demikian, peningkatan level sigma secara kuantitatif belum dapat dihitung secara pasti karena implementasi perbaikan masih berada pada tahap awal dan belum dilakukan pengukuran DPMO pasca implementasi dalam periode yang panjang.

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengumpulan serta analisis data selama penelitian, kesimpulan yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil pengolahan data produksi Line DBR selama periode Agustus hingga Oktober 2025, diperoleh total unit defect sebanyak 117 unit dari 15.389 unit yang diproduksi. Nilai rata-rata DPMO sebesar 475.177 dengan level sigma rata-rata sebesar 4,804. Merujuk pada tabel konversi sigma, nilai tersebut berada di atas standar industri umum yang berada pada level 3-sigma (kondisi industri Indonesia) hingga 4-sigma (standar industri umum), namun masih jauh dari target industri kelas dunia pada level 6-sigma dengan DPMO 3,4. Selain itu, masih terdapat variasi antar bulan yang menandakan proses belum sepenuhnya stabil dan perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut.
2. Berdasarkan hasil penelitian, jenis cacat Broken/Scratch pada LED menjadi jenis cacat paling dominan di Line DBR, dengan 38 *defect* atau sebesar 32,48% dari keseluruhan cacat. Fokus perbaikan utama difokuskan pada cacat ini karena paling banyak memengaruhi penurunan mutu produk di Sub Assy Rear Panel & HS Amps. Faktor penyebab utama terjadinya cacat Broken/Scratch meliputi faktor manusia berupa variasi keterampilan dan metode kerja operator, faktor metode kerja berupa Work Instruction yang belum sepenuhnya efektif, faktor mesin atau jig yang berkaitan dengan stabilitas dan panduan posisi panel, serta faktor material yang disebabkan oleh karakteristik LED yang sensitif terhadap gesekan.
3. Usulan perbaikan untuk menurunkan *defect* meliputi pembuatan pin jig untuk Rear Panel dan Shield DSP, penerapan movement limiter atau allowance, revisi *Work Instruction*, serta pelatihan operator. Penerapan perbaikan tersebut diharapkan dapat membuat proses lebih stabil serta menurunkan kemungkinan terjadinya cacat.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, rekomendasi yang disarankan adalah sebagai berikut:

A. Bagi perusahaan

Bagi perusahaan, disarankan untuk melakukan pemeriksaan dan pemeliharaan rutin terhadap kondisi jig sebelum digunakan, serta memastikan bahwa operator selalu mengikuti prosedur kerja yang telah diperbarui. Perusahaan juga sebaiknya

menyediakan panduan visual atau mekanis pada jig untuk membantu penempatan panel secara tepat dan stabil, sehingga risiko terjadinya *defect* dapat diminimalkan. Selain itu, pelatihan berkala bagi operator mengenai penggunaan jig dan teknik pemasangan panel yang benar perlu dilaksanakan untuk mendukung konsistensi kualitas produk. Bagi penelitian selanjutnya:

B. Bagi Peneliti

Bagi penelitian selanjutnya, disarankan untuk mengevaluasi jenis *defect* lain yang muncul pada Line DBR untuk mengidentifikasi faktor penyebab dominan tambahan. Penelitian mendatang juga dapat menilai efektivitas jangka panjang penerapan Poka-Yoke dan metode Six Sigma dalam menurunkan *defect* serta meningkatkan level sigma proses produksi, sehingga dapat menghasilkan saran yang lebih lengkap untuk meningkatkan kualitas.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi* (Edisi Revisi 2008 ed.). Jakarta: Lembaga Penerbit FE-UI.
- Ekoanindiyo, F. A. (2014). Pengendalian cacat produk dengan pendekatan Six Sigma. *Dinamika Teknik Industri*.
- Evans, J., & Lindsay, W. (2007). *Pengantar Six Sigma*. Jakarta: Salemba Empat.
- uality Management (Cetakan Kedua ed.). Jakarta: Pt Gramedia Pustaka.
- Heizer, J., & Render, B. (2015). *Manajemen Operasi: Manajemen Keberlangsungan dan Rantai Pasokan*. Lumajang: Salemba Empat.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020).
- Juran, J. (1962). *Quality Control Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2014). *Principles of Marketing* (15th edition ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Maynard, H. (2004). *Maynard's Industrial Engineering Handbook* (5th Edition ed.). Mc Graw.
- Montgomery, D. C. (1990). *Pengantar Pengendalian Kualitas Statistik*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Nasution. (2005). *Total Quality Management*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Soemohadiwidjojo, A. T. (2017). *Six Sigma Metode Pengukuran Kinerja Perusahaan Berbasis Statistik*. Raih Asa Sukses.
- Sony, M., Antony, J., & Naik, S. (2020). How do organizations implement an effective LSS initiative? A qualitative study. *Benchmarking: An International Journal*, 27(5).
- Abualsauod, E. H. (2025). Integrating six sigma and lean management for enhanced quality management in industrial applications. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, September. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2025.09.007>
- Adji, B. N., Hunusalela, Z. F., & Oktaviani, A. (2020). *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi : p – ISSN : 2723 - 6609 USULAN PERBAIKAN MINIMASI WASTE DEFECT DENGAN METODE POKA-YOKE PADA PT . TETRA MITRA SINERGIS Bintang Nusantara Adji , Zeny Fatimah Hunusalela dan Anggi Oktaviani Universitas Indraprasta Pgri Abst. 1(3), 154–167.*
- Antonelli, D., Stadnicka, D., & Litwin, P. (2024). Inclusive manufacturing through the application of lean tools to sustainability issues. *Procedia CIRP*, 122, 593–598. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2024.01.085>
- Antony, J., Snee, R., & Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *The Eletronic Library*, 34(1), 1–5.
- Antony, J., Sony, M., & Gutierrez, L. (2022). An Empirical Study Into the Limitations and Emerging Trends of Six Sigma: Findings From a Global Survey. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(5), 2088–2101. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2995168>
- Anttila, J., & Jussila, K. (2017). Understanding quality – conceptualization of the fundamental concepts of quality. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 9(3–4), 251–268. <https://doi.org/10.1108/IJQSS-03-2017-0020>
- Aziz, N. A. N., Ahmad, R., Mustafa, S. A., Sin, T. C., & Jusoh, M. S. (2021). Application of lean six sigma methodology to improve the weight inconsistency problem of coffee powder packaging. *Jurnal Sistem Dan Manajemen Industri*, 5(2), 74–86. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v5i2.3729>
- 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), 15–24.

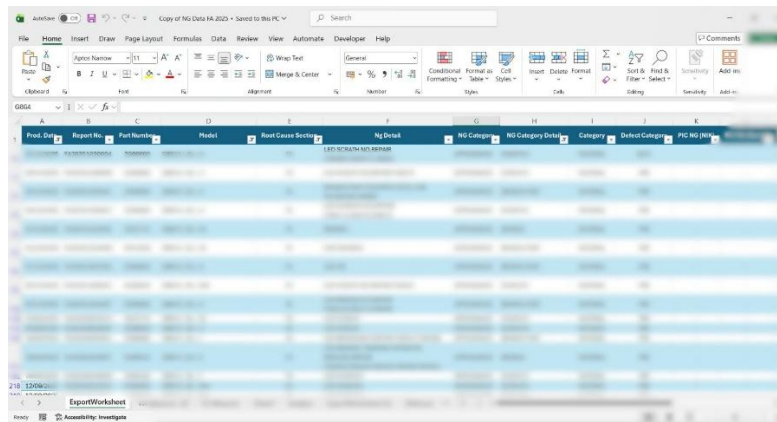
- <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol29.iss1.art2>
- Baran, E., & Polat, T. K. (2022). Classification of Industry 4.0 for Total Quality Management: A Review. *Sustainability (Switzerland)*, 14(6), 1–20. <https://doi.org/10.3390/su14063329>
- Barragán, C. Z., Urraca, R., & Sanz-Garcia, A. (2025). A data-driven methodology for monitoring Total Quality Management (TQM) systems in the Industry 4.0 era. *Computers and Industrial Engineering*, 210(September), 111549. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025.111549>
- Chen, Y., Huang, D., & Wang, L. (2025). A study on the application of the latent dirichlet allocation model in production optimization. *Results in Engineering*, 26(April), 104920. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104920>
- Condé, G. C. P., Oprime, P. C., Pimenta, M. L., Sordan, J. L., & Bueno, C. R. (2022). Defect reduction using Lean Six Sigma and DMAIC. *International Conference on Quality Engineering and Management*, 779–804.
- Dongo Moreno, C. A., Malpartida Velasquez, L. A., & Flores-Perez, A. (2023). Process Improvement in A Company Manufacturing Computer Assembly to improve the service level indicator using SMED, Six Sigma and Poka-Yoke. *Mef*, 687–697. <https://doi.org/10.46254/ap04.20230201>
- Ewita, H., Ali Tosa, F., Santoso, Y., Herliani Kusumah, L., & Yetti, H. (2019). Application Poka-Yoke to Capture Defect (A Case Study in Industry Component Otomotive). *International Journal of Industrial Engineering*, 6(1), 14–17. <https://doi.org/10.14445/23499362/ijie-v6i1p103>
- Filippi, E., Gaio, L., & Zamarian, M. (2024). Leveraging the hard and soft elements of TQM: the interplay of benchmarking and improvement processes. *TQM Journal*, 36(3), 702–719. <https://doi.org/10.1108/TQM-01-2022-0045>
- Gaspersz, V. (2015). *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. PT. Gramedia Pustaka Pusat.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management* (13th ed.). Pearson.
- Kurniawan, M. dian. (2023). Evaluasi Kualitas Proses Produksi Paving Stone dengan Metode Poka-Yoke di CV. Wans Group, Kabupaten Gresik. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian Dan Karya Ilmiah Dalam Bidang Teknik Industri*, 9(1), 232. <https://doi.org/10.24014/jti.v9i1.22275>
- Kusuma, T. Y. T., & Guritno, D. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Proses Pengantongan Semen Menggunakan Six Sigma (Studi Kasus Pt. Semen Bosowa Banyuwangi). *Industry Xplore*, 5(2), 78–87. <https://doi.org/10.36805/teknikindustri.v5i2.1127>
- Layang, S., & Perkasa, P. (2022). Pemetaan Potensi Agro Wisata di Kawasan Misik Kalampangan dengan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *JATI EMAS (Jurnal Aplikasi Teknik Dan Pengabdian Masyarakat)*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.36339/je.v6i1.554>
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Publishing Ltd*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Mittal, A., Gupta, P., Kumar, V., Al Owad, A., Mahlawat, S., & Singh, S. (2023). The performance improvement analysis using Six Sigma DMAIC methodology: A case study on Indian manufacturing company. *Heliyon*, 9(3), e14625. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14625>
- Nanik, I. D. A., Sumantri, I. N., & Listiawati, N. P. (2026). Analisis Quality Control dalam Meningkatkan Proses Produksi dan Kepuasan Pelanggan Abstrak Pendahuluan. 9(1), 348–364.
- Nasution, K. P., Adi, F., & Insani, E. A. (2025). Penerapan Root Cause Analysis (RCA) dalam mengurangi tingkat cacat produk stick lolipop di PT. XYZ. *JUTIN: Jurnal Teknik*

- Industri Terintegrasi*, 8(1). <https://doi.org/10.31004/jutin.v8i1.41003>
- Ngouono, M. M., Huiskens, P. W. M., Kanaa, T., Defo, N., Njom, P. A. L., Bogning, B., & Njeugna, E. (2025). Investigation of the manufacturing processes of recycled aluminum pots: A lean six sigma approach for sustainable and efficient production. *Cleaner Waste Systems*, 12(August), 100432. <https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100432>
- Oliveira, D., Teixeira, L., & Alvelos, H. (2024). Integration of Process Modeling and Six Sigma for defect reduction: A case study in a wind blade factory. *Procedia Computer Science*, 232, 3151–3160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.131>
- Ramayanti, G., & Latisa, L. (2025). Pengendalian Kualitas Produk Ceplis Dengan Pendekatan Six Sigma Dan Kaizen. *Jurnal InTent*, 8(1), 82–95.
- Rasool, A., Satsangee, G. R., Warawa, M., Khan, A., Shah, M., Singh, A., & Ahmad, R. (2025). Design and Simulation of a Production Line for Plastic Recycling with Additive Manufacturing. *Procedia Computer Science*, 253, 561–570. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.01.118>
- Rizkiyah, I. (2021). *Usulan Peningkatan Kualitas Pada Proses Produksi Pt.Klm Dengan Pendekatan Lean Six Sigma Dan Kaizen*.
- Sahoo, S., & Yadav, S. (2020). Influences of TPM and TQM Practices on Performance of Engineering Product and Component Manufacturers. *Procedia Manufacturing*, 43, 728–735. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.111>
- Sałaćiński, T., Chrzanowski, J., & Chmielewski, T. (2023). Statistical Process Control Using Control Charts with Variable Parameters. *Processes*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/pr11092744>
- Saputra, A. I. (2020). *Rancangan Usulan Metode Six Sigma Dalam Peningkatan Kualitas Dengan Mengurangi Cacat Produk Baju Muslim Pria Di UD. Ramli Collection*. 1–23. http://eprints.umg.ac.id/4192/4/2020_TA_IND_16612020_HalamanJudul.pdf
- Sari, M. A., Panuntun, H. B., Aqil, M. N. F., & Agnia, N. R. R. (2025). Analisis Pengendalian Kualitas dalam Upaya untuk Meminimalisasi Kerusakan Produk Miwiti dengan Metode New Seven Tools. *Jurnal Teknologi Dan Manajemen Industri Terapan*, 4(2), 267–274. <https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i2.608>
- Singh, D., Singh, V., Singh, H., & Singh, J. (2017). Six Sigma methodology for reducing defects in manufacturing industry - a case study. *International Journal of Indian Culture and Business Management*, 15(4), 397. <https://doi.org/10.1504/ijicbm.2017.10008545>
- Singh, V. (2022). Statistical Process Control (Spc) Guide Line. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 7(1), 84–92. <https://doi.org/10.33564/ijeast.2022.v07i01.013>
- Sutiarno, D., & Chriswahyudi, C. (2019). Analisis Pengendalian Kualitas dan Pengembangan Produk Wafer Osuka dengan Metode Six Sigma Konsep DMAIC dan Metode Quality Function Deployment di PT. Indosari Mandiri. *JIEMS (Journal of Industrial Engineering and Management Systems)*, 12(1), 42–51. <https://doi.org/10.30813/jiems.v12i1.1535>
- Tasyari, A. F., Purwanggono, B., Alvina, C., & Hapsari, P. (2023). Saus Botol Plastik Untuk Menurunkan Reject Rate Dengan Metode Dmaic Dan Poka Yoke. *Jurnal Teknik Industri*, 1(1), 1–9.
- Vicente, I., Godina, R., & Teresa Gabriel, A. (2024). Applications and future perspectives of integrating Lean Six Sigma and Ergonomics. *Safety Science*, 172(January). <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106418>
- Widiwati, I. T. B., Liman, S. D., & Nurprihatin, F. (2025). The implementation of Lean Six Sigma approach to minimize waste at a food manufacturing industry. *Journal of Engineering Research (Kuwait)*, 13(2), 611–626. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.022>
- Yusuf, Y. B., & Halim, M. S. A. (2023). Stationary Spot Welding (Ssw) Quality Improvement

- Using Six Sigma Methodology and a Poka Yoke Jig Design. *Journal of Engineering Science and Technology*, 18(1), 210–226.
- Yusup, A. . (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>
- Zheng, D. (2024). The Application of Six Sigma Management Theory in Service Industry. *International Journal of Global Economics and Management*, 4(1), 275–280. <https://doi.org/10.62051/ijgem.v4n1.36>

LAMPIRAN

A – Data Defect Final Assy



The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet titled "Copy of Ng Data H4 2020 - Saved to this PC". The spreadsheet contains data organized into columns with headers: Prod. Date, Report No., Part Number, Model, Root Cause Setting, NG Detail, NG Category, NG Category Detail, Category, Defect Category, and PIC No. (Name). The data rows are color-coded in alternating light blue and white. The spreadsheet is displayed in the Microsoft Excel application window, showing the ribbon with tabs like Home, Insert, Draw, Page Layout, Formulas, Data, Review, View, Automate, Developer, and Help.

A – Gambar Diskusi Bersama Leader dan Subleader



A – Gambar Diskusi Bersama Teman

