**Arus Jurnal Sains dan Teknologi (AJST)**
*Website: http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst*
*Email: jurnal.ajst@ardenjaya.com*

# Penerapan Pengendalian Defect pada Proses Punching Busbar Menggunakan Pendekatan PDCA dan FMEA di PT XYZ

**INFO PENULIS**

Twindi Sera Jaya
Universitas Muhammadiyah Jakarta
serajaya2001@gmail.com

Wiwik Sudarwati
Universitas Muhammadiyah Jakarta
wiwik.sudarwati@umj.ac.id

**INFO ARTIKEL**

ISSN: 3026-3603
Vol. 4, No. 2 Oktober 2026
http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst

© 2026 Arden Jaya Publisher All rights reserved

***Saran Penulisan Referensi:***

Jaya, T. S., & Sudarwati, W. (2026). Penerapan Pengendalian Defect pada Proses Punching Busbar Menggunakan Pendekatan PDCA dan FMEA di PT XYZ. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi , 4* (2), 257-269.

**Abstrak**

Proses punching pada material busbar merupakan tahap krusial dalam fabrikasi panel karena menentukan kesesuaian dimensi dan posisi lubang komponen terhadap gambar kerja. Ketidaksempurnaan pada tahap ini berkontribusi terhadap aktivitas rework, kerugian material akibat scrap, serta penurunan efisiensi lini produksi. Studi ini mengangkat kasus pada sebuah perusahaan manufaktur panel (disamarkan sebagai PT XYZ) yang mencatatkan defect rate sebesar 2,08% pada periode September 2025 hingga Februari 2026, melampaui batas maksimum perusahaan yaitu 1,5%. Tujuan penelitian ini adalah menelusuri akar penyebab defect secara sistematis serta merancang, menerapkan, dan mengevaluasi tindakan pengendalian melalui integrasi siklus Plan-Do-Check-Action (PDCA) dengan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). Pada tahap plan, kombinasi diagram Pareto, analisis 5 Why, diagram fishbone, FMEA, dan 5W1H digunakan untuk memetakan penyebab dan menyusun rencana perbaikan. Diagram Pareto mengidentifikasi burr (292 unit; 27,60%) dan ketidaksesuaian posisi lubang (242 unit; 22,87%) sebagai dua kontributor defect terbesar. Penilaian FMEA menempatkan kondisi punch tool dan die yang aus sebagai penyebab berisiko tertinggi pada defect burr (RPN 192), sedangkan ketidaktepatan setting stopper menjadi penyebab dominan pada defect posisi lubang (RPN 160). Sebagai tindak lanjut pada tahap do, disusun Visual Inspection Standard (VIS) untuk memeriksa kelayakan tooling serta Work Instruction (WI) untuk memandu verifikasi drawing, setting stopper, dan positioning busbar, yang diujicobakan selama lima hari kerja produksi. Evaluasi pada tahap check menunjukkan penurunan persentase defect keseluruhan dari 1,72% menjadi 1,39%, sedangkan perhitungan ulang FMEA pada tahap action mengonfirmasi penurunan nilai detection dan RPN pada seluruh sumber kegagalan yang dianalisis. Temuan ini menegaskan bahwa integrasi PDCA dan FMEA efektif menekan defect berulang melalui pengendalian yang berbasis bukti dan dapat direplikasi pada lini produksi dengan karakteristik proses serupa.

**Kata Kunci:** Defect, Punching Busbar, Pengendalian Kualitas, PDCA, FMEA

**Abstract**

The busbar punching stage is a decisive step in panel fabrication because it determines the dimensional and positional conformity of the resulting holes against the engineering drawing. Imperfections at this stage contribute to rework activity, material losses due to scrap, and reduced line efficiency. This study addresses a panel manufacturing company (disguised as PT XYZ) that recorded a defect rate of 2.08% during the September 2025-February 2026 period, exceeding the company's maximum allowable limit of 1.5%. This research aims to systematically trace the root causes of defect and to design, implement, and evaluate control measures through the integration of the Plan-Do-Check-Action (PDCA) cycle with Failure Mode and Effect Analysis (FMEA). At the plan stage, a combination of Pareto diagrams, 5 Why analysis, fishbone diagrams, FMEA, and 5W1H was used to map causes and formulate an improvement plan. The Pareto diagram identified burr (292 units; 27.60%) and hole-position mismatch (242 units; 22.87%) as the two largest defect contributors. The FMEA assessment placed worn punch tool and die condition as the highest-risk cause for burr defects (RPN 192), while inaccurate stopper setting was the dominant cause for hole-position mismatch (RPN 160). As a follow-up at the do stage, a Visual Inspection Standard (VIS) was developed to check tooling fitness, together with a Work Instruction (WI) to guide drawing verification, stopper setting, and busbar positioning, both piloted over five production working days. The evaluation at the check stage showed the overall defect percentage declining from 1.72% to 1.39%, while the FMEA recalculation at the action stage confirmed reductions in detection ratings and RPN values across all analyzed failure sources. These findings affirm that integrating PDCA and FMEA effectively suppresses recurring defects through evidence-based control that can be replicated on production lines with similar process characteristics.

**Keywords:** Defect, Busbar Punching, Quality Control, PDCA, FMEA

## A. Pendahuluan

Industri manufaktur menuntut kualitas produk yang tinggi untuk memastikan keandalan dan keselamatan penggunaan produk. Dalam industri panel, setiap komponen harus memenuhi spesifikasi teknis karena ketidaksesuaian produk dapat memengaruhi kinerja sistem. Oleh karena itu, pengendalian kualitas diperlukan untuk menjaga konsistensi hasil produksi dan daya saing perusahaan (Siallagan & Manik, 2024). alam proses manufaktur, defect merupakan indikator adanya ketidaksesuaian terhadap standar yang telah ditetapkan dan apabila terjadi secara berulang dapat menunjukkan kelemahan dalam pengendalian kualitas serta berdampak pada efisiensi operasional (Lestari & Mahbubah, 2021).

Fenomena tersebut teridentifikasi pada proses produksi di salah satu perusahaan manufaktur panel, khususnya pada tahapan punching busbar. Proses punching berperan dalam menghasilkan bentuk, dimensi, serta posisi lubang pada busbar agar sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan dalam gambar kerja (drawing). Tingkat ketelitian pada proses ini menjadi salah satu aspek yang menentukan kesesuaian material terhadap persyaratan produk, mengingat busbar merupakan material dengan nilai relatif tinggi. Ketidaksesuaian yang terjadi selama proses punching tidak hanya berpotensi memengaruhi kualitas komponen, tetapi juga dapat meningkatkan penggunaan material dan waktu produksi akibat kebutuhan rework maupun scrap. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian pada proses punching busbar perlu mendapat perhatian, terutama karena masih ditemukan defect yang terjadi secara berulang.

Berdasarkan pengamatan periode September 2025 hingga Februari 2026, ditemukan 1.058 unit defect pada proses punching busbar dengan defect rate sebesar 2,08%. Nilai tersebut melebihi batas maksimum perusahaan sebesar 1,5%, sehingga diperlukan pengendalian kualitas yang lebih baik. Jenis defect yang ditemukan meliputi burr, ketidaksesuaian dimensi dan posisi lubang, permukaan busbar tergores, serta chamfer yang tidak sesuai spesifikasi. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa burr dan posisi lubang tidak sesuai merupakan dua jenis defect dengan frekuensi tertinggi sehingga ditetapkan sebagai fokus analisis. Berdasarkan pengamatan awal dan diskusi dengan operator, defect tersebut diduga berkaitan dengan kondisi tooling, proses setting, dan positioning busbar yang masih dilakukan secara manual. Namun, faktor penyebab utama belum dapat dipastikan sehingga diperlukan analisis lebih lanjut.

Produk defect yang masih dapat diperbaiki akan melalui proses rework, sedangkan produk yang tidak dapat diperbaiki dikategorikan sebagai scrap. Perusahaan telah melakukan maintenance berupa pemeriksaan kondisi mesin dan pembersihan peralatan secara berkala. Namun, proses setting awal dan pengukuran hasil punching masih bergantung pada ketelitian

operator, sedangkan penurunan kondisi tooling diduga turut memengaruhi kestabilan proses. Oleh karena itu, diperlukan analisis untuk mengidentifikasi faktor penyebab utama defect pada proses punching busbar.

Berbagai kerangka manajemen mutu telah terbukti efektif dalam mengatasi persoalan serupa pada konteks industri yang beragam. Siklus *Plan-Do-Check-Action* (PDCA), yang diinisiasi melalui pemikiran Deming, menyediakan struktur perbaikan berkelanjutan yang memungkinkan perusahaan menelusuri akar masalah, menerapkan solusi, mengevaluasi dampaknya, dan menstandardisasi hasil yang terbukti efektif (Athariq et al., 2025). Untuk memperdalam identifikasi risiko pada tahap perencanaan (*plan*), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) lazim dipadukan guna mengurutkan prioritas penyebab kegagalan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN), sehingga upaya perbaikan dapat difokuskan pada sumber risiko yang paling signifikan alih-alih ditangani secara menyeluruh tanpa prioritas (Puspitasari et al., 2017).

Efektivitas integrasi PDCA dan FMEA dalam menekan tingkat cacat produksi telah didokumentasikan pada berbagai studi kasus manufaktur, mulai dari komponen *stamping* logam hingga produk berbasis proses *casting* dan *bending* (Ramadhan et al., 2025; Athariq et al., 2025; Senoaji et al., 2020). Meski demikian, penelusuran terhadap literatur yang tersedia menunjukkan bahwa kajian yang secara spesifik membahas *defect* pada proses *punching* busbar, yaitu komponen dengan karakteristik material konduktif dan nilai ekonomis yang relatif tinggi, masih sangat terbatas jumlahnya. Kebaruan (*novelty*) yang diusung studi ini terletak pada penerapan integrasi diagram Pareto, analisis 5 *Why*, diagram *fishbone*, FMEA, dan 5W1H secara berurutan dalam kerangka PDCA yang disesuaikan dengan karakteristik aktual proses *punching* busbar pada industri panel bersistem produksi *make to order*, sekaligus menyajikan bukti empiris hasil implementasi dan evaluasi ulang risiko pasca-perbaikan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) mengidentifikasi faktor-faktor penyebab *defect* pada proses *punching* busbar secara sistematis, dan (2) menerapkan serta mengevaluasi efektivitas pengendalian *defect* melalui pendekatan PDCA yang diperkaya dengan FMEA. Hasil kajian ini diharapkan memberi kontribusi praktis berupa dokumen kerja standar yang dapat direplikasi pada lini produksi dengan karakteristik proses serupa, sekaligus memperkaya literatur pengendalian kualitas pada domain proses *punching* komponen konduktif.

**Tinjauan Pustaka**

Pengendalian kualitas didefinisikan sebagai rangkaian aktivitas yang ditempuh perusahaan untuk memastikan hasil produksi senantiasa konsisten terhadap standar dan spesifikasi yang telah ditetapkan, mencakup pengawasan sepanjang proses produksi dan bukan semata pemeriksaan produk akhir (Nashida & Syahrullah, 2021). Melalui pengendalian yang tepat, perusahaan dapat menelusuri sumber penyimpangan serta menetapkan tindakan koreksi yang proporsional, sekaligus menekan kerugian akibat *rework* dan pemakaian material yang tidak seharusnya (Wahyu, 2022). *Defect* sendiri merujuk pada kondisi produk yang tidak memenuhi standar dari sisi fungsi, dimensi, maupun tampilan visual, dan apabila terjadi secara berulang akan menghambat pencapaian target produksi serta berpotensi menurunkan kepercayaan pelanggan terhadap mutu produk yang diterima (Lestari & Mahbubah, 2021; Caesarriani, 2025).

*Plan-Do-Check-Action* (PDCA) merupakan siklus manajemen mutu yang menata upaya perbaikan ke dalam empat tahapan berkesinambungan. Tahap *plan* difokuskan pada identifikasi masalah dan penelusuran akar penyebab menggunakan berbagai perangkat pengendalian kualitas; tahap *do* merupakan penerapan rencana perbaikan pada kondisi aktual proses; tahap *check* menilai efektivitas tindakan melalui perbandingan kondisi sebelum dan sesudah intervensi; sementara tahap *action* menstandardisasi solusi yang terbukti efektif atau merumuskan penyesuaian lanjutan apabila hasil belum memenuhi target (Daweski & Djumiarti, 2023). Karakteristik siklikal inilah yang menjadikan PDCA relevan diterapkan pada persoalan *defect* yang bersifat berulang, karena perbaikan tidak berhenti pada satu putaran tindakan, melainkan terus disempurnakan berdasarkan bukti evaluasi (Fridayanti & Wachidah, 2021).

Diagram Pareto merupakan alat bantu visual yang menyusun jenis-jenis ketidaksesuaian berdasarkan frekuensi kejadiannya, sehingga tim perbaikan dapat memfokuskan sumber daya pada kategori *defect* yang memberi kontribusi terbesar terhadap total permasalahan, sejalan dengan prinsip *vital few, trivial many* (Oktaviana & Auliandri, 2023). Diagram *fishbone* (Ishikawa) kemudian digunakan untuk memetakan potensi penyebab suatu masalah ke dalam kategori-kategori seperti *man*, *machine*, *method*, dan *material*, sehingga hubungan sebab-akibat dapat dipetakan secara sistematis sebelum dilakukan penilaian risiko lebih lanjut (Setiawan et al., 2025). Sebagai pelengkap, analisis 5 *Why* menelusuri akar masalah melalui pengajuan

pertanyaan "mengapa" secara berlapis hingga diperoleh penyebab paling mendasar yang menjadi target intervensi (Prasetyo et al., 2025).

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) merupakan metode penilaian risiko yang mengidentifikasi potensi kegagalan pada suatu proses beserta dampak yang mungkin ditimbulkannya, sehingga tindakan pencegahan dapat disiapkan sebelum kegagalan tersebut benar-benar terjadi (Raedho & Hidayat, 2022). Penilaian pada FMEA menggunakan tiga parameter, yaitu *severity* (tingkat keparahan dampak), *occurrence* (frekuensi kemunculan penyebab), dan *detection* (kemampuan sistem pengendalian yang ada dalam mendeteksi kegagalan sebelum berdampak lebih lanjut), masing-masing dinilai pada skala 1 hingga 10 (Kurniawan et al., 2018). Ketiga nilai tersebut selanjutnya dikalikan untuk memperoleh *Risk Priority Number* (RPN) sebagaimana persamaan berikut:

$$RPN = Severity\ (S) \times Occurrence\ (O) \times Detection\ (D)$$

Semakin tinggi nilai RPN suatu penyebab kegagalan, semakin besar pula prioritas penanganannya dibandingkan penyebab lain dengan nilai RPN yang lebih rendah (Munawir et al., 2020). Setelah prioritas risiko ditetapkan, metode 5W1H (*what, why, where, when, who, how*) digunakan untuk menyusun rencana tindakan perbaikan secara terstruktur, memastikan setiap penyebab utama memiliki uraian tindakan, penanggung jawab, lokasi, dan waktu pelaksanaan yang jelas (Suliantoro et al., 2018).

Sejumlah penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan PDCA maupun FMEA dalam menekan *defect* pada berbagai proses manufaktur, sebagaimana dirangkum pada Tabel 1.

**Tabel 1. Ringkasan Penelitian Terdahulu**

| Peneliti (Tahun) | Objek Kajian | Metode | Hasil Utama |
|---|---|---|---|
| Ramadhan et al. (2025) | Defect streak kertas cast coat | FMEA, CPM, PERT | Ketidakstabilan kecepatan roll sebagai penyebab RPN tertinggi; jalur kritis perbaikan 16 hari |
| Athariq et al. (2025) | Cacat produk stamping | PDCA | Siklus PDCA menurunkan proporsi cacat dominan pada proses stamping |
| Baesuni et al. (2025) | Defect bending pipa tube brake | DMAIC | Root cause pada tahap bending teridentifikasi dan direkomendasikan tindakan korektif |
| Caesarriani (2025) | Defect produk sepatu | SPC & RCA | Kombinasi peta kendali dan RCA menekan jenis cacat dominan |
| Lestari & Mahbubah (2021) | Defect produksi songkok | FMEA & FTA | Faktor method dan man teridentifikasi sebagai penyumbang RPN tertinggi |
| Yohanes & Ekoanindiyo (2021) | Defect produk pelindung tangan | Lean Six Sigma | Penurunan defect melalui eliminasi pemborosan pada proses produksi |

*(Sumber: diolah dari (Ramadhan et al., 2025; Athariq et al., 2025; Lestari & Mahbubah, 2021; Baesuni et al., 2025; Caesarriani, 2025; Yohanes & Ekoanindiyo, 2021))*

Merujuk pada tinjauan tersebut, terlihat bahwa performa PDCA maupun FMEA bersifat spesifik terhadap karakteristik proses dan jenis kegagalan yang dikaji, sehingga generalisasi hasil dari satu kasus ke kasus lain perlu dilakukan secara hati-hati. Sejauh penelusuran yang dilakukan, belum ditemukan kajian yang secara eksplisit mengintegrasikan diagram Pareto, 5 *Why*, *fishbone*, FMEA, dan 5W1H dalam satu kerangka PDCA untuk menangani *defect* pada proses *punching* busbar, sehingga posisi penelitian ini melengkapi kekosongan tersebut dengan bukti empiris dari studi kasus pada industri panel bersistem *make to order*.

## B. Metodologi

Penelitian ini merupakan studi kasus deskriptif-kuantitatif yang berorientasi pada pemecahan masalah (*action research*) pada proses *punching* busbar di sebuah perusahaan manufaktur panel yang disamarkan sebagai PT XYZ. Objek kajian adalah keseluruhan proses *punching* busbar pada area fabrikasi awal material, sedangkan subjek pendukung meliputi operator mesin *punching*, supervisor produksi, dan tim *quality management* sebagai narasumber dalam penilaian FMEA.

Data yang digunakan terdiri atas dua kelompok. Pertama, data historis *defect* dan produksi busbar periode September 2025 hingga Februari 2026 yang diperoleh dari catatan kualitas perusahaan, digunakan sebagai dasar analisis Pareto dan penetapan fokus perbaikan. Kedua, data primer yang dihimpun melalui observasi langsung, wawancara dengan operator dan supervisor, serta diskusi terstruktur dengan tim *quality management* untuk menetapkan nilai *severity*, *occurrence*, dan *detection* pada FMEA. Data implementasi diperoleh dari uji coba dokumen kerja pada periode 20-24 Juli 2026, dibandingkan terhadap data produksi periode 13-17 Juli 2026 sebagai baseline sebelum intervensi.

Tahapan penelitian mengikuti kerangka PDCA sebagai berikut. Pada tahap *plan*, dilakukan (1) identifikasi jenis dan frekuensi *defect* menggunakan diagram Pareto untuk menetapkan fokus perbaikan; (2) penelusuran akar penyebab pada *defect* prioritas menggunakan analisis 5 *Why*; (3) pemetaan penyebab ke dalam kategori *man*, *machine*, dan *method* menggunakan diagram *fishbone*; (4) penilaian risiko menggunakan FMEA untuk menetapkan prioritas RPN; dan (5) penyusunan rencana tindakan menggunakan 5W1H. Pada tahap *do*, rancangan perbaikan berupa *Visual Inspection Standard* (VIS) dan *Work Instruction* (WI) disosialisasikan dan diujicobakan pada proses produksi aktual selama lima hari kerja mengingat keterbatasan waktu penelitian, sehingga hasil implementasi yang diperoleh masih bersifat awal dan perlu diperiksa serta ditinjau kembali oleh peneliti lain pada periode observasi yang lebih panjang. Pada tahap *check*, hasil implementasi dievaluasi melalui perbandingan persentase *defect* sebelum dan sesudah intervensi. Pada tahap *action*, dilakukan perhitungan ulang FMEA untuk mengukur perubahan nilai risiko, dilanjutkan dengan perumusan rekomendasi standardisasi dan rencana pemantauan berkelanjutan.

Analisis data pada tahap *plan* menggunakan pendekatan deskriptif-kuantitatif untuk data frekuensi *defect* (Pareto) dan pendekatan deskriptif-kualitatif untuk data hasil wawancara (5 *Why*, *fishbone*, dan penilaian FMEA). Efektivitas implementasi pada tahap *check* dihitung melalui persentase *defect*, yaitu perbandingan jumlah unit *defect* terhadap jumlah unit produksi pada masing-masing periode observasi, sedangkan penurunan risiko pada tahap *action* diukur melalui selisih nilai RPN sebelum dan sesudah penerapan VIS dan WI.

## C. Hasil dan Pembahasan

### Profil Defect dan Data Produksi

Pencatatan kualitas selama periode September 2025 hingga Februari 2026 mengungkap total 1.058 unit *defect* dari 50.841 unit busbar yang diproses, sebagaimana dirangkum pada Tabel 2 dan Tabel 3. Frekuensi *defect* bulanan berfluktuasi, dengan titik tertinggi pada Januari 2026 sebanyak 243 unit dan titik terendah pada November 2025 sebanyak 118 unit, mengindikasikan bahwa persoalan kualitas pada proses ini bersifat kronis dan tidak semata dipicu oleh anomali pada satu periode produksi tertentu.

**Tabel 2. Rekapitulasi Defect Busbar Periode September 2025 - Februari 2026**

| Jenis Defect | Total (unit) | Persentase | Persentase Kumulatif |
|---|---|---|---|
| Burr | 292 | 27,60% | 27,60% |
| Posisi lubang tidak sesuai | 242 | 22,87% | 50,47% |
| Dimensi lubang tidak sesuai | 232 | 21,93% | 72,40% |
| Permukaan busbar tergores | 154 | 14,56% | 86,96% |
| Chamfer tidak sesuai | 138 | 13,04% | 100,00% |
| Total | 1058 | 100,00% | - |

*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*

Total produksi busbar pada periode yang sama mencapai 50.841 unit, dengan volume tertinggi pada Januari 2026 (10.193 unit) dan terendah pada November 2025 (6.934 unit). Perbandingan jumlah *defect* terhadap volume produksi tersebut menghasilkan *defect rate* keseluruhan sebesar 2,08%, melampaui ambang toleransi internal perusahaan sebesar 1,5% sehingga menjadi dasar urgensi dilakukannya intervensi perbaikan.

### Analisis Pareto

Pengurutan jenis *defect* berdasarkan frekuensi kejadian pada diagram Pareto menegaskan bahwa *burr* dan ketidaksesuaian posisi lubang merupakan dua kontributor terbesar, dengan

kontribusi kumulatif mencapai 50,47% dari keseluruhan *defect*. Berpedoman pada prinsip *vital few, trivial many*, kedua jenis *defect* tersebut ditetapkan sebagai fokus analisis akar penyebab pada tahap berikutnya, dengan pertimbangan bahwa penanganan terhadap keduanya akan memberi dampak perbaikan yang paling signifikan dibandingkan penanganan merata pada seluruh jenis *defect* secara bersamaan.

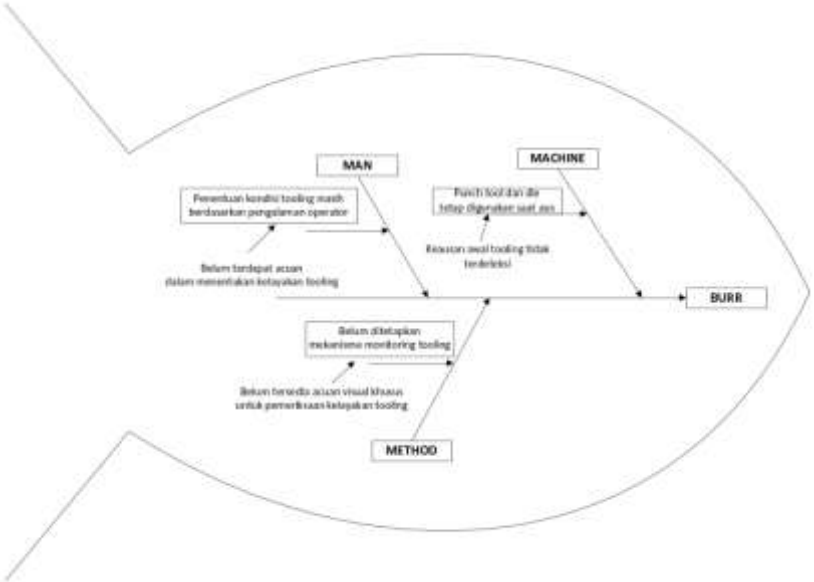



**Gambar 1. Diagram Pareto Defect Busbar**
*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*

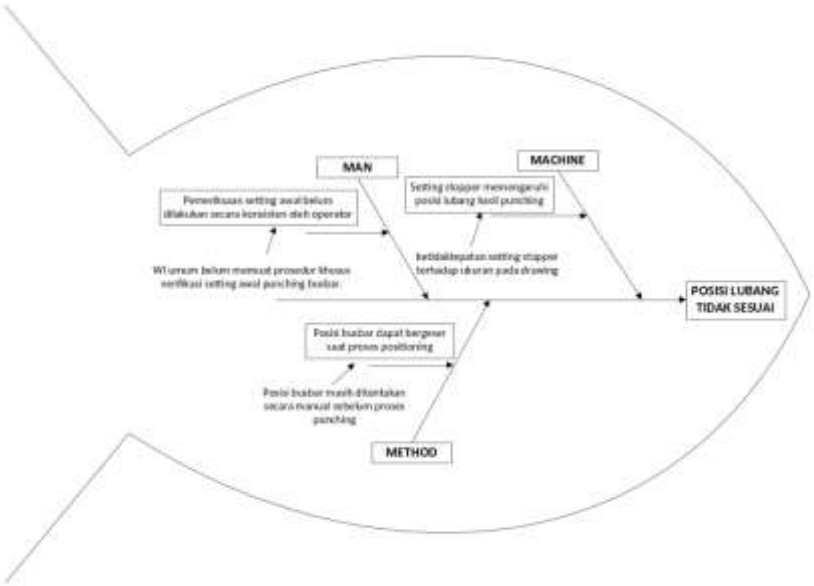
**Analisis 5 Why dan Diagram Fishbone**

Penelusuran akar penyebab *defect burr* melalui analisis 5 *Why* mengarah pada simpulan bahwa *punch tool* dan *die* yang telah mengalami keausan tetap digunakan karena penggantian *tooling* belum dilakukan berdasarkan jadwal yang baku, sementara mekanisme pemantauan kondisi *tooling* secara terstruktur belum ditetapkan perusahaan. Pada *defect* posisi lubang tidak sesuai, penelusuran serupa mengarah pada simpulan bahwa pergeseran posisi busbar saat proses *punching* bersumber dari proses *positioning* dan penyetelan *stopper* yang belum dilakukan secara presisi, mengingat *Work Instruction* (WI) yang tersedia masih bersifat umum untuk area fabrikasi awal material dan belum memuat tahapan verifikasi *setting* awal yang spesifik untuk proses *punching* busbar.

Hasil 5 *Why* tersebut selanjutnya dipetakan ke dalam diagram *fishbone* berdasarkan kategori *man*, *machine*, dan *method*. Pada *defect burr*, aspek *machine* menyoroti keausan awal *tooling* yang tidak terdeteksi, aspek *man* menyoroti penilaian kelayakan *tooling* yang masih bergantung pada pengalaman individu operator tanpa acuan yang seragam, sedangkan aspek *method* menyoroti belum tersedianya prosedur pemeriksaan dan pemantauan *tooling* yang baku. Pada *defect* posisi lubang tidak sesuai, aspek *machine* menyoroti ketidaktepatan *setting stopper* terhadap ukuran pada *drawing*, aspek *man* menyoroti pemeriksaan *setting* awal yang belum konsisten dilakukan operator, sedangkan aspek *method* menyoroti *positioning* busbar yang masih sepenuhnya bergantung pada penentuan manual sebelum proses *punching* berlangsung.




**Gambar 2. Diagram Fishbone Defect Burr**
*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*




**Gambar 3. Diagram Fishbone Defect Posisi Lubang Tidak Sesuai**
*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*

**Penilaian Risiko dengan FMEA**

Keenam faktor penyebab yang teridentifikasi melalui diagram *fishbone* selanjutnya dinilai menggunakan FMEA untuk menetapkan prioritas perbaikan berdasarkan nilai *severity* (S), *occurrence* (O), *detection* (D), dan RPN, sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Penilaian dilakukan bersama operator, supervisor, dan tim *quality management* berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

**Tabel 3. Hasil Penilaian FMEA Awal**

| Defect | Faktor | Akar Penyebab | S | O | D | RPN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Burr | Machine | Punch tool & die tetap digunakan saat aus | 6 | 8 | 4 | 192 |
| Burr | Man | Kelayakan tooling dinilai berdasar pengalaman | 5 | 6 | 5 | 150 |
| Burr | Method | Belum ada mekanisme monitoring tooling | 5 | 5 | 5 | 125 |
| Posisi lubang | Machine | Ketidaktepatan setting stopper | 5 | 8 | 4 | 160 |
| Posisi lubang | Man | WI umum belum memuat verifikasi setting awal | 5 | 6 | 4 | 120 |
| Posisi lubang | Method | Positioning busbar masih manual | 5 | 5 | 4 | 100 |

*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*

Nilai RPN tertinggi pada *defect burr* terdapat pada faktor *machine*, yaitu penggunaan *punch tool* dan *die* dalam kondisi aus (RPN 192), diikuti faktor *man* (RPN 150) dan faktor *method* (RPN 125). Nilai *occurrence* sebesar 8 mencerminkan bahwa *burr* merupakan *defect* dengan frekuensi kejadian tertinggi selama periode pengamatan, sedangkan nilai *detection* sebesar 4 mengindikasikan bahwa *defect* ini masih relatif dapat dideteksi melalui inspeksi visual sebelum diteruskan ke proses berikutnya. Pada *defect* posisi lubang tidak sesuai, nilai RPN tertinggi juga terdapat pada faktor *machine*, yaitu ketidaktepatan *setting stopper* (RPN 160), diikuti faktor *man* (RPN 120) dan *method* (RPN 100). Kesamaan pola pada kedua jenis *defect*, di mana faktor *machine* senantiasa menempati prioritas tertinggi, menegaskan bahwa pengendalian kondisi fisik peralatan dan ketepatan *setting* menjadi titik ungkit (*leverage point*) paling strategis dalam upaya menekan *defect* secara keseluruhan, tanpa mengesampingkan urgensi penguatan pada aspek *man* dan *method* sebagai faktor pendukung.

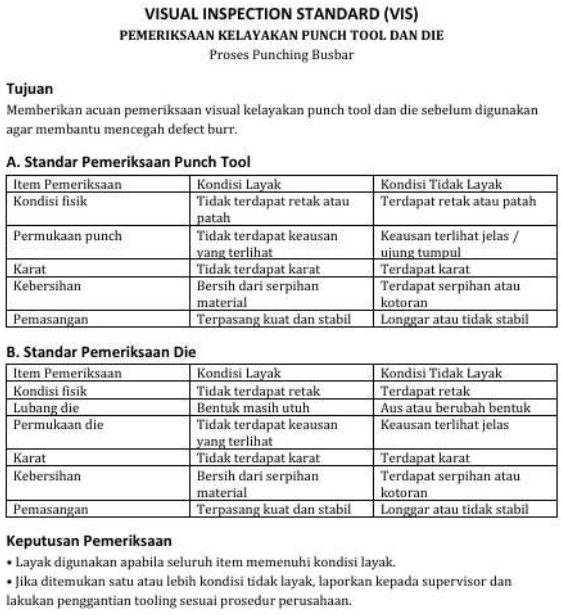
**Perumusan Rencana Perbaikan (5W1H)**

Berpedoman pada prioritas RPN, rencana perbaikan dirumuskan menggunakan metode 5W1H untuk masing-masing faktor penyebab dominan. Untuk *defect burr*, disusun *Visual Inspection Standard* (VIS) sebagai acuan pemeriksaan visual kondisi *punch tool* dan *die* sebelum digunakan pada setiap awal proses maupun setelah pergantian *tooling*, dengan operator dan supervisor sebagai pelaksana pemeriksaan. Untuk *defect* posisi lubang tidak sesuai, disusun *Work Instruction* (WI) Verifikasi *Setting* Awal yang memandu operator dalam memeriksa kesesuaian *drawing*, melakukan *setting stopper*, memposisikan busbar, dan memverifikasi *setting* awal

sebelum proses *punching* dimulai. Kedua dokumen tersebut dirancang untuk menggantikan ketergantungan pada pengalaman individu operator dengan acuan kerja yang terstandardisasi dan dapat ditelusuri, sehingga variasi antaroperator dalam menilai kelayakan *tooling* maupun ketepatan *setting* dapat ditekan.

**Implementasi Perbaikan (Tahap Do)**

VIS dan WI yang telah dirancang disosialisasikan kepada operator mesin *punching* busbar melalui sesi *briefing* singkat berdurasi 5-10 menit, dilanjutkan dengan penerapan langsung pada proses produksi selama lima hari kerja (20-24 Juli 2026). Selama periode tersebut, VIS digunakan sebagai acuan operator dalam membedakan kondisi *tooling* yang layak dan tidak layak digunakan, sedangkan WI digunakan sebagai pedoman pelaksanaan *setting stopper*, *positioning* busbar, dan verifikasi *setting* awal, termasuk mekanisme penyetelan ulang apabila hasil verifikasi belum sesuai. Peneliti melakukan pengecekan singkat setiap hari untuk memastikan konsistensi penerapan, serta merekapitulasi data produksi dan *defect* pada akhir periode uji coba sebagai bahan evaluasi pada tahap berikutnya.



**VISUAL INSPECTION STANDARD (VIS)**
**PEMERIKSAAN KELAYAKAN PUNCH TOOL DAN DIE**
Proses Punching Busbar

**Tujuan**
Memberikan acuan pemeriksaan visual kelayakan punch tool dan die sebelum digunakan agar membantu mencegah defect burr.

**A. Standar Pemeriksaan Punch Tool**

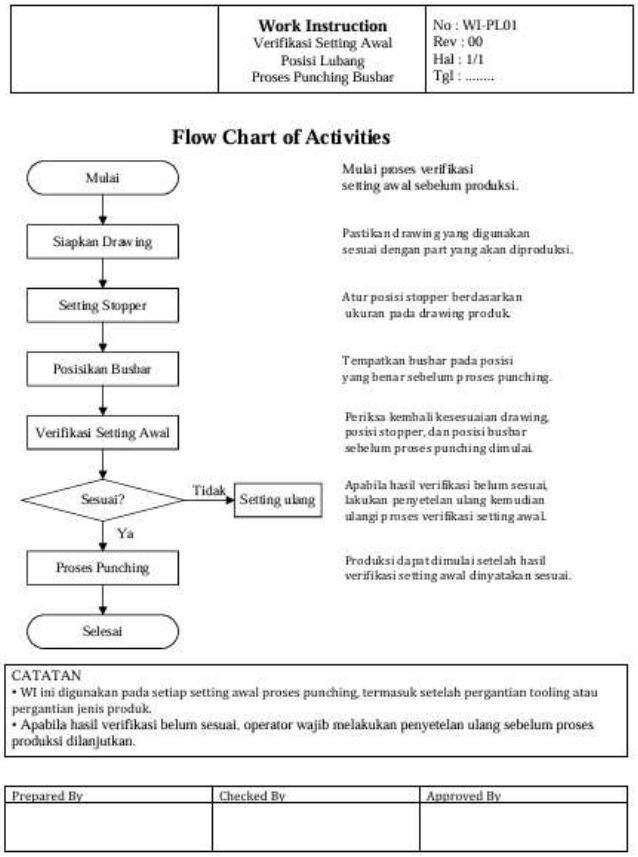
| Item Pemeriksaan | Kondisi Layak | Kondisi Tidak Layak |
|---|---|---|
| Kondisi fisik | Tidak terdapat retak atau patah | Terdapat retak atau patah |
| Permukaan punch | Tidak terdapat keausan yang terlihat | Keausan terlihat jelas / ujung tumpul |
| Karat | Tidak terdapat karat | Terdapat karat |
| Kebersihan | Bersih dari serpihan material | Terdapat serpihan atau kotoran |
| Pemasangan | Terpasang kuat dan stabil | Longgar atau tidak stabil |

**B. Standar Pemeriksaan Die**

| Item Pemeriksaan | Kondisi Layak | Kondisi Tidak Layak |
|---|---|---|
| Kondisi fisik | Tidak terdapat retak | Terdapat retak |
| Lubang die | Bentuk masih utuh | Aus atau berubah bentuk |
| Permukaan die | Tidak terdapat keausan yang terlihat | Keausan terlihat jelas |
| Karat | Tidak terdapat karat | Terdapat karat |
| Kebersihan | Bersih dari serpihan material | Terdapat serpihan atau kotoran |
| Pemasangan | Terpasang kuat dan stabil | Longgar atau tidak stabil |

**Keputusan Pemeriksaan**
- Layak digunakan apabila seluruh item memenuhi kondisi layak.
- Jika ditemukan satu atau lebih kondisi tidak layak, laporkan kepada supervisor dan lakukan penggantian tooling sesuai prosedur perusahaan.

**Gambar 4. Visual Inspection Standard (VIS) Pemeriksaan Punch Tool dan Die**
*(Sumber: Hasil Rancangan, 2026)*




**Gambar 5. Work Instruction (WI) Verifikasi Setting Awal Posisi Lubang**
*(Sumber: Hasil Rancangan, 2026)*

**Evaluasi Hasil Implementasi (Tahap Check)**

Efektivitas VIS dan WI dievaluasi dengan membandingkan performa produksi pada periode sebelum implementasi (13-17 Juli 2026) dan sesudah implementasi (20-24 Juli 2026), sebagaimana dirangkum pada Tabel 4.

**Tabel 4. Perbandingan Kinerja Sebelum dan Sesudah Implementasi**

| Periode | Waktu Pengamatan | Total Produksi (pcs) | Total Defect (pcs) | Persentase Defect |
|---|---|---|---|---|
| Sebelum Implementasi | 13-17 Juli 2026 | 2038 | 35 | 1,72% |
| Sesudah Implementasi | 20-24 Juli 2026 | 2799 | 39 | 1,39% |

*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*

Persentase *defect* keseluruhan menurun dari 1,72% menjadi 1,39%, atau setara penurunan 0,33 poin persentase (efektivitas penurunan 19,19% dibandingkan kondisi awal). Menariknya, jumlah unit *defect* absolut justru sedikit meningkat dari 35 menjadi 39 unit; namun peningkatan volume produksi yang jauh lebih besar, dari 2.038 menjadi 2.799 *pcs* (naik 37,3%), menyebabkan proporsi *defect* terhadap total produksi tetap menurun secara signifikan. Pola ini mengindikasikan bahwa perbaikan yang diterapkan tidak sekadar menekan jumlah *defect* absolut dalam jangka pendek, melainkan turut menjaga stabilitas proses ketika volume produksi meningkat, yaitu sebuah indikator kinerja yang secara operasional lebih relevan dibandingkan sekadar jumlah unit cacat mentah.

**Tindak Lanjut dan Standardisasi (Tahap Action)**

Pada tahap *action*, dilakukan perhitungan ulang FMEA untuk menilai perubahan tingkat risiko pasca-implementasi. Nilai *severity* dan *occurrence* dipertahankan mengingat periode uji coba yang relatif singkat belum memungkinkan penarikan simpulan yang stabil terhadap perubahan tingkat keparahan maupun frekuensi kegagalan, sedangkan nilai *detection* disesuaikan karena VIS dan WI secara nyata meningkatkan kemampuan operator dalam

mendeteksi potensi kegagalan sebelum berdampak lebih lanjut. Hasil perhitungan ulang disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Perhitungan Ulang FMEA Setelah Implementasi**

| Defect | Faktor | RPN Sebelum | RPN Sesudah | Selisih |
|---|---|---|---|---|
| Burr | Machine | 192 | 144 | 48 |
| Burr | Man | 150 | 120 | 30 |
| Burr | Method | 125 | 100 | 25 |
| Posisi lubang | Machine | 160 | 120 | 40 |
| Posisi lubang | Man | 120 | 90 | 30 |
| Posisi lubang | Method | 100 | 75 | 25 |

*(Sumber: Hasil Pengamatan, 2026)*

Seluruh faktor penyebab menunjukkan penurunan nilai RPN pasca-implementasi, dengan penurunan terbesar pada faktor *machine* untuk kedua jenis *defect* (masing-masing turun 48 dan 40 poin). Penurunan RPN ini seluruhnya bersumber dari perbaikan nilai *detection* yang turun satu hingga dua poin pada setiap faktor, yang mengonfirmasi bahwa VIS dan WI berhasil memperkuat kemampuan deteksi dini terhadap penyimpangan kondisi *tooling* maupun kesalahan *setting*, meskipun keduanya belum serta-merta menghilangkan kemungkinan kegagalan itu sendiri (tercermin dari nilai *occurrence* yang belum berubah pada periode uji coba yang relatif singkat ini).

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut, VIS dan WI direkomendasikan sebagai dokumen kerja standar pada proses *punching* busbar, setelah melalui peninjauan dan penyesuaian akhir sesuai ketentuan internal perusahaan. Sebagai penguatan, penggunaan VIS disertai *checklist* temuan kondisi *tooling*: apabila operator menemukan kondisi *punch tool* atau *die* yang tidak sesuai kriteria VIS, temuan tersebut dicatat dan dilaporkan kepada *Leader* Busbar untuk diteruskan kepada Supervisor guna penentuan tindakan lanjutan, sehingga peran operator terbatas pada pemeriksaan awal dan pelaporan, bukan penentuan kelayakan akhir *tooling*. Adapun WI dikendalikan melalui pelaksanaan verifikasi *setting* awal pada setiap sesi produksi, termasuk setelah pergantian *tooling* atau jenis produk, disertai pemantauan berkala terhadap konsistensi penerapannya oleh Supervisor dan tim *Quality Management*. Alur kerja demikian memastikan bahwa pemeriksaan, verifikasi, pencatatan, dan pelaporan berjalan sebagai satu kesatuan sistem pengendalian yang saling menguatkan, bukan sekadar dokumen yang berdiri sendiri.

**Pembahasan Komprehensif**

Secara keseluruhan, temuan penelitian ini memperkuat bukti empiris bahwa integrasi PDCA dan FMEA mampu menekan *defect* berulang melalui pendekatan berbasis data dan prioritas risiko, konsisten dengan temuan pada studi kasus *defect stamping* logam yang menunjukkan bahwa siklus PDCA efektif menurunkan proporsi cacat dominan ketika penyebabnya ditelusuri secara sistematis (Athariq et al., 2025). Nilai RPN tertinggi pada penelitian ini secara konsisten berasal dari faktor *machine*, sejalan dengan temuan pada kasus *defect streak* di industri kertas *cast coat* yang juga menempatkan parameter mesin sebagai sumber risiko utama sebelum dilakukan intervensi perbaikan (Ramadhan et al., 2025). Pola tersebut menegaskan bahwa pada proses manufaktur berbasis mesin presisi, kondisi fisik peralatan cenderung menjadi titik kritis yang perlu mendapat perhatian lebih besar dibandingkan faktor manusia maupun metode kerja semata.

Bukti pendukung serupa juga ditemukan pada penerapan PDCA untuk menekan *defect porosity* pada proses pengelasan komponen conveyor (Saryanto et al., 2024) dan pada perbaikan proses *mixing* produk bumbu tabur (Prasetyawati et al., 2021), yang menunjukkan bahwa efektivitas siklus PDCA dalam menurunkan *defect* tidak terbatas pada satu jenis proses atau industri tertentu, sekaligus memperkuat posisi penelitian ini sebagai perluasan penerapan kerangka tersebut pada proses *punching* komponen konduktif.

Namun demikian, temuan ini juga menggarisbawahi bahwa perbaikan pada faktor *machine* tidak dapat berdiri sendiri tanpa didukung penguatan pada aspek *method* dan *man*. Ketiadaan mekanisme pemantauan *tooling* yang baku (faktor *method*) dan ketergantungan pada pengalaman individu operator (faktor *man*) merupakan kondisi laten yang memungkinkan *tooling* aus tetap digunakan tanpa terdeteksi, yaitu sebuah pola yang juga ditemukan pada kajian *defect* produksi songkok, di mana kombinasi faktor *method* dan *man* turut menyumbang RPN

yang signifikan di samping faktor teknis mesin (Lestari & Mahbubah, 2021). Dengan demikian, VIS dan WI yang dirancang dalam penelitian ini pada dasarnya berfungsi ganda: menstandardisasi kriteria teknis (mengatasi faktor *machine*) sekaligus menstandardisasi prosedur kerja operator (mengatasi faktor *method* dan *man*) secara simultan.

Penurunan persentase *defect* dari 1,72% menjadi 1,39% dalam rentang lima hari kerja menunjukkan hasil awal yang positif, namun periode uji coba yang relatif singkat tersebut belum cukup untuk menyimpulkan dampak jangka panjang terhadap frekuensi kegagalan (*occurrence*), sebagaimana tercermin dari nilai *occurrence* pada FMEA yang belum berubah pada perhitungan ulang. Temuan serupa pada penelitian penerapan *fishbone* dan pengendalian statistik pada kasus cacat produk sepatu menunjukkan bahwa efek perbaikan terhadap penurunan frekuensi cenderung baru terlihat signifikan setelah periode observasi yang lebih panjang, mengingat perubahan kebiasaan kerja memerlukan waktu adaptasi bagi operator (Caesarriani, 2025). Oleh karena itu, pemantauan berkelanjutan sebagaimana dirumuskan pada tahap *action* penelitian ini menjadi krusial untuk memastikan bahwa tren penurunan *defect* yang teramati bersifat konsisten, bukan sekadar fluktuasi jangka pendek akibat efek kehati-hatian operator selama masa observasi (*Hawthorne effect*).

Implikasi praktis dari penelitian ini adalah tersedianya dua dokumen kerja standar, yaitu VIS dan WI, yang dapat langsung diadopsi perusahaan setelah penyesuaian administratif, disertai *checklist* temuan *tooling* sebagai media pencatatan dan eskalasi. Implikasi teoretis penelitian ini memperkuat literatur yang menunjukkan bahwa efektivitas kombinasi PDCA dan FMEA sangat bergantung pada ketepatan penelusuran akar penyebab pada tahap *plan*: tanpa analisis 5 *Why* dan *fishbone* yang memadai, penilaian FMEA berisiko keliru menetapkan prioritas perbaikan, sehingga sumber daya perbaikan dapat teralokasi pada faktor yang bukan akar masalah sesungguhnya (Puspitasari et al., 2017; Raedho & Hidayat, 2022). Studi ini turut menunjukkan bahwa penerapan kerangka tersebut pada proses *punching* komponen konduktif bernilai tinggi seperti busbar memberikan hasil yang konsisten dengan studi kasus pada material lain, sehingga memperkuat generalisasi kerangka PDCA-FMEA lintas jenis proses manufaktur, sembari tetap mensyaratkan penyesuaian kriteria penilaian FMEA terhadap karakteristik risiko spesifik setiap proses.

## D. Simpulan

Faktor penyebab *defect* pada proses *punching* busbar bersumber dari tiga aspek yang saling berkaitan, yaitu *machine*, *man*, dan *method*. Pada *defect burr*, penyebab dominan adalah penggunaan *punch tool* dan *die* dalam kondisi aus (RPN 192) yang diperparah oleh penilaian kelayakan *tooling* yang masih bergantung pada pengalaman operator serta ketiadaan mekanisme pemantauan *tooling* yang baku. Pada *defect* posisi lubang tidak sesuai, penyebab dominan adalah ketidaktepatan *setting stopper* terhadap ukuran pada *drawing* (RPN 160), diperparah oleh *Work Instruction* yang masih bersifat umum serta *positioning* busbar yang masih dilakukan secara manual.

Pengendalian *defect* yang diterapkan melalui *Visual Inspection Standard* (VIS) untuk pemeriksaan kondisi *punch tool* dan *die*, serta *Work Instruction* (WI) untuk verifikasi *drawing*, *setting stopper*, *positioning* busbar, dan verifikasi *setting* awal, terbukti menurunkan persentase *defect* keseluruhan dari 1,72% menjadi 1,39% selama uji coba lima hari kerja, sementara perhitungan ulang FMEA mengonfirmasi penurunan nilai *detection* dan RPN pada seluruh faktor penyebab yang dianalisis. Berdasarkan hasil tersebut, VIS dan WI direkomendasikan sebagai dokumen kerja standar yang didukung pemantauan berkala dan *checklist* temuan kondisi *tooling* sebagai media pencatatan serta eskalasi apabila ditemukan ketidaksesuaian.

Penelitian selanjutnya disarankan memperpanjang periode observasi pasca-implementasi guna menilai stabilitas penurunan frekuensi *defect* (*occurrence*) dalam jangka menengah hingga panjang, serta mengeksplorasi pengembangan mekanisme *poka-yoke* pada proses *setting stopper* dan *positioning* busbar untuk mengurangi ketergantungan terhadap ketelitian manual operator.

## E. Referensi

Athariq, I., Supriyati, S., & Kurniawan, R. C. (2025). Analisis pengendalian kualitas dengan metode PDCA (Plan, Do, Check, Action) untuk menurunkan cacat produk stamping di PT XYZ. Jurnal Sosial Teknologi, 5(5), 1257-1264.

Baesuni, S. R., Azzahra, A. M., Nurdyanto, A. R. S., & Prastyo, Y. (2025). Analisis defect pada proses manual bending pipa tube brake PT manufaktur otomotif dengan metode DMAIC. Asian Journal of Multidisciplinary Research, 2(1), 41-48. https://doi.org/10.59613/q4n26v26

Caesarriani, C. (2025). Analisis kualitas untuk mengurangi defect produk sepatu dengan metode statistical process control dan root cause analysis di PT XYZ. Jurnal Logic: Logistics & Supply Chain Center, 3(2), 78-86. https://doi.org/10.33197/jlscc.v3i2.2488

Daweski, S. M., & Djumiarti, T. (2023). Strategi pengendalian kualitas PT YCH Indonesia Supply Point Semarang menggunakan metode PDCA (Plan-Do-Check-Act): Studi kasus pada konsumen PT Sarihusada Generasi Mahardika. Sanskara Manajemen dan Bisnis, 2(1), 35-50.

Fitriaji, A. A., & Domodite, A. (2022). Analisis upaya meningkatkan kualitas produksi panel listrik guna mengurangi defect menggunakan metode DMAIC. Tekno, 9, 90-100. https://doi.org/10.37373/tekno.v9i1.226

Fridayanti, A. M., & Wachidah, L. (2021). Siklus PDCA (Plan, Do, Check, Act) untuk mengurangi cacat produk sosis di PT Serena Harsa Utama. 197-206.

Kurniawan, C., Maidani, H., & Setio, S. (2018). Forensic analysis of a mini hydro power plant failure using failure mode and effects analysis.

Lestari, A., & Mahbubah, N. A. (2021). Analisis defect proses produksi songkok berbasis metode FMEA dan FTA di home-industri songkok GSA Lamongan. Jurnal Serambi Engineering, 6(3). https://doi.org/10.32672/jse.v6i3.3254

Munawir, H., Ulfa, R. M., & Djunaidi, M. (2020). Analisa risiko kegagalan terhadap downtime pada line crank case menggunakan metode failure mode effect analysis. Prosiding Industrial Engineering National Conference (IENACO), 149-156.

Nashida, A. A., & Syahrullah, Y. (2021). Perbaikan kualitas pada proses produksi kabel type NYA. 3(2).

Oktaviana, A. C., & Auliandri, T. A. (2023). Analisis pengendalian kualitas produksi meja dan kursi menggunakan diagram Pareto dan fishbone pada PK. SKM Jati. INOBIS: Jurnal Inovasi Bisnis dan Manajemen Indonesia, 6(4), 559-572. https://doi.org/10.31842/jurnalinobis.v6i4.310

Prasetyawati, M., Dewiyani, L., Marfuah, U., Casban, C., & Latif, S. (2021). Upaya meningkatkan kualitas produk bumbu tabur balado pada proses mixing menggunakan metode PDCA studi kasus di PT. XYZ. Matrik: Jurnal Manajemen dan Teknik Industri Produksi, 21(2), 149-156. https://doi.org/10.30587/matrik.v21i2.2021

Prasetyo, Y. E., Utami, I. W., & Buwono, R. I. (2025). Upaya perbaikan defect pada produksi sablon menggunakan fishbone diagram dan metode PDCA pada vendor Passion Screen Printing. Kohesi: Jurnal Sains dan Teknologi, 10(4), 251-260.

Puspitasari, N. B., Arianie, G. P., & Wicaksono, P. A. (2017). Analisis identifikasi masalah dengan menggunakan metode failure mode and effect analysis (FMEA) dan risk priority number (RPN) pada sub assembly line (Studi kasus: PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia). J@ti Undip: Jurnal Teknik Industri, 12(2), 77. https://doi.org/10.14710/jati.12.2.77-84

Raedho, R., & Hidayat, T. (2022). Analisis pengendalian kualitas dengan metode failure mode and effect analysis (FMEA) pada produk pail varian 1 Kg. Winco, 3(1), 88-94.

Ramadhan, G., Sayuti, M., Perdana, M. F., & Hakim, A. (2025). Analisis integrasi CPM, PERT, dan FMEA untuk tindakan mitigasi produk cacat pada manufaktur kertas cast coat. Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan, 4(3), 984-992. https://doi.org/10.55826/jtmit.v4i3.1095

Saryanto, S., Prasetyawati, M., Anugerah, R., Dewiyani, L., & Sudarwati, W. (2024). Efforts to reduce defect porosity at PT. EPI uses the PDCA method. Metode: Jurnal Teknik Industri, 10(1), 22-33.

Senoaji, A. P., Kosasih, M., Nelfiyanti, N., & Puteri, R. A. M. (2020). Penerapan PDCA dalam meminimasi defect salah varian panel dash join front di PT. XYZ. JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 7(2), 81-90. https://doi.org/10.24853/jisi.7.2.81-90

Setiawan, A., Deswita, A., Shofiyaturrahmah, Firmansyah, F. B., & Prastyo, Y. (2025). Studi kasus analisis defect pada komponen otomotif disertai pemecahan masalah menggunakan diagram Pareto dan fishbone. Jurnal Ilmiah Research Student, 2(2), 53-63. https://doi.org/10.61722/jirs.v2i2.4748

Siallagan, Y., & Manik, D. S. (2024). Analysis of product quality control methods to prevent production. Journal of Industrial and Manufacture Engineering, 8(2), 145-155.

Suliantoro, H., Bakhtiar, A., & Sembiring, J. I. (2018). Analisis penyebab kecacatan dengan menggunakan metode failure mode and effect analysis (FMEA) dan metode fault tree analysis (FTA) di PT. Alam Daya Sakti Semarang. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, 6(2), 95-170.

Wahyu, N. A. (2022). Pengendalian kualitas proses produksi konveksi PT Kaosta Sukses Mulia. Jurnal Kewirausahaan, 8(4), 66-88.

Yohanes, A., & Ekoanindiyo, F. A. (2021). Analisis perbaikan untuk mengurangi defect pada produk pelindung tangan dengan pendekatan Lean Six Sigma. Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri, 21(2), 127. https://doi.org/10.36275/stsp.v21i2.378

Yunan, A., Raya, D., & Rosihan, R. I. (2020). Analisis upaya menurunkan cacat produk crank case LH pada proses die casting dengan metode PDCA dan FMEA di PT Suzuki Indomobil/Motor. Journal of Industrial and Engineering System, 1(1), 1-10.