

Optimasi Proses Back Chamfer melalui Modifikasi Special Drilling Tool untuk Reduksi Defek dan Peningkatan Efisiensi Produksi di PT XYZ

Agustinus Dwi Susanto¹

Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
Jl. Kalibaru Timur Kel. Kalibaru Medan Satria Kota Bekasi
Email : Agustinus.Id@gmail.com

Abstrak— Penelitian ini berfokus pada optimasi proses manufaktur pada lini *Cylindrical Housing Machining* di PT XYZ. Permasalahan utama yang diidentifikasi adalah tingginya frekuensi kelolosan produk tanpa proses chamfer pada lubang utama dan lubang pengikat (*mounting holes*), yang memicu klaim pelanggan terkait kegagalan fungsionalitas komponen saat perakitan. Melalui metodologi Suggestion System (SS), dilakukan modifikasi pada tool masspro menjadi *special tool back chamfer* yang terintegrasi sepenuhnya ke dalam siklus mesin CNC. Hasil implementasi menunjukkan efektivitas sistem dengan penurunan angka defek dari 17 kejadian menjadi 0 kejadian selama periode observasi lima bulan. Selain dampak kualitas, inovasi ini memberikan efisiensi finansial sebesar Rp57.946.800,- per tahun.

Keywords— *Back Chamfer, CNC, Human Error, Poka-Yoke, Cylindrical Housing.*

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

PT XYZ mengintegrasikan nilai – nilai inovasi yang menitikberatkan pada berkelanjutan. Divisi Produksi 1 memiliki target strategis untuk mereduksi *user claim* dan *delivery claim*, sekaligus meningkatkan standarisasi kualitas visual produk. Pada lini **Cylindrical Housing**, proses *chamfering* pada lubang fungsional sangat krusial untuk memastikan komponen dapat dipasangkan dengan presisi. Namun, ditemukan bahwa sebagian proses *chamfer* sisi belakang masih dilakukan secara manual oleh operator karena keterbatasan akses pada program mesin CNC standar. Aktivitas manual repetitif ini menciptakan beban kerja ganda yang memicu *human error*, kelelahan operator, serta variasi kualitas visual yang tidak standar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Adanya risiko kelolosan produk tanpa *chamfer* akibat proses yang masih bergantung pada intervensi manual operator (*human error*).
2. Timbulnya kegagalan fungsionalitas komponen (*mechanical interference*) di sisi pelanggan akibat residu material yang tidak tertangani secara standar melalui proses manual.

3. Rendahnya efisiensi biaya dan waktu akibat elemen kerja manual repetitif yang tidak terintegrasi dalam siklus otomatis mesin.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian lebih terarah, penelitian ini dibatasi pada perbaikan teknis operasional di lini *Cylindrical Housing* PT XYZ pada proses permesinan lubang utama. Analisis performa dibandingkan antara periode November 2024 – Januari 2025 dan Mei – September 2025

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dirumuskan dalam bentuk pertanyaan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mengeliminasi elemen kerja manual pada tahapan *chamfering* guna meminimalkan risiko kelalaian manusia (*human error*)?
2. Bagaimana mengintegrasikan mekanisme *back chamfer* secara otomatis ke dalam siklus permesinan CNC Axle untuk menjamin konsistensi kualitas?
3. Apakah penerapan *special drilling tool* yang dimodifikasi mampu mencapai target *zero defect* terhadap kelolosan proses *chamfer*?
4. Sejauh mana integrasi proses otomatis ini dapat meningkatkan efisiensi finansial perusahaan melalui reduksi biaya *Non-Quality Items* (NQI)?

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah:

1. **Bagi Perusahaan:** Memberikan solusi teknis yang terukur dalam mereduksi biaya kualitas (*Non-Quality Items*) serta menjadi standar baru dalam otomasi proses kritis untuk mencapai target *zero defect* dan meningkatkan citra perusahaan di mata pelanggan.
2. **Bagi Operator:** Menghilangkan beban kerja manual yang repetitif, sehingga mengurangi risiko kelelahan fisik dan kognitif, serta meningkatkan keselamatan kerja melalui integrasi sistem proteksi otomatis di dalam mesin CNC.

3. **Bagi Akademisi:** Menjadi referensi ilmiah mengenai penerapan prinsip *Poka-Yoke* dan inovasi alat potong (*special tooling*) dalam mengatasi keterbatasan permesinan standar pada industri manufaktur modern.
4. **Bagi Masyarakat Industri:** Meningkatkan kesadaran akan pentingnya integrasi teknologi dan ergonomi dalam sistem kerja untuk menciptakan proses produksi yang lebih efektif, aman, dan berdaya saing tinggi di sektor otomotif.

II. LANDASAN TEORI

2.1 Ergonomi Kognitif dan Strategi Error-Proofing (Poka-Yoke)

Ergonomi dalam lingkungan industri modern tidak hanya berfokus pada antropometri fisik, tetapi juga pada aspek kognitif operator. Sistem kerja yang memaksa operator melakukan aktivitas manual repetitif di luar siklus otomatis mesin cenderung meningkatkan beban mental (*mental workload*). Ketika perhatian operator terbagi antara pengawasan mesin dan pengerjaan manual, risiko terjadinya kelalaian (*human error*) meningkat secara signifikan (Bridger, 2017).

Untuk memitigasi hal tersebut, diterapkan prinsip **Poka-Yoke** (sistem anti-salah) yang dikembangkan oleh Shigeo Shingo. Strategi ini bertujuan untuk merancang proses produksi yang secara fisik mencegah kesalahan terjadi atau mendeteksi kesalahan secara instan (Imai, 1986). Dalam konteks penelitian ini, otomatisasi proses *chamfer* di dalam mesin CNC berfungsi sebagai *control poka-yoke*, di mana sistem secara otomatis menjalankan tugas kritis tanpa bergantung pada memori atau ketelitian operator, sehingga menghilangkan potensi kelolosan produk cacat sejak dari sumbernya.

2.2 Optimalisasi Pahat Potong (Special Tooling) dan Dinamika Permesinan CNC

Efisiensi dalam permesinan CNC (*Computer Numerical Control*) sangat bergantung pada manajemen alat potong dan pengurangan waktu non-produktif. Penggunaan *combination tools* atau *special tooling* merupakan salah satu strategi terbaik untuk meningkatkan produktivitas dalam manufaktur massal (Groover, 2020).

Pahat potong yang dimodifikasi untuk fungsi ganda (misalnya *drilling* dan *back chamfering*) menawarkan beberapa keuntungan teknis, di antaranya reduksi *downtime* dengan mengurangi frekuensi *tool change* serta peningkatan akurasi geometris. Dengan menggunakan satu pahat untuk kedua sisi lubang, konsentrisitas dan keselarasan (*alignment*) antar sisi dapat dijamin pada tingkat presisi yang tinggi, yang sulit dicapai jika menggunakan alat manual atau proses sekunder (Groover, 2020).

2.3 Manajemen Residu Material (Burr Management) dan Kebersihan Teknis

Burr atau beram merupakan material sisa yang terbentuk secara alami selama proses pemotongan logam. Dalam komponen presisi seperti *Cylindrical Housing*, keberadaan *burr* di sisi

belakang lubang bukan hanya masalah estetika, melainkan ancaman fungsional. Kesalahan dalam penanganan *human error* pada proses *deburring* seringkali menjadi penyebab utama kegagalan mekanis pada tahap perakitan (Reason, 1990).

Manajemen *burr* yang efektif memerlukan proses yang terintegrasi. Otomatisasi proses ini di dalam ruang mesin CNC memungkinkan penerapan konsep *Technical Cleanliness*. Melalui semprotan *high-pressure coolant* yang diarahkan langsung ke titik pemotongan, serpihan logam akan terbang secara instan. Hal ini jauh lebih efektif dan konsisten dibandingkan pembersihan manual yang sering kali meninggalkan partikel mikro di area yang sulit dijangkau oleh tangan manusia.

2.4 Monitoring Beban Kerja Mesin (Load Torque Control)

Sebagai lapisan perlindungan tambahan dalam otomatisasi, teknologi *Load Torque Control* digunakan untuk memantau performa *special tool* secara *real-time*. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi fluktuasi torsi pada *spindle* mesin saat proses pemotongan berlangsung. Jika pahat mengalami kerusakan, patah, atau keausan ekstrem, sensor akan menangkap lonjakan beban dan segera memicu perintah penghentian darurat (*interlock*). Mekanisme ini memastikan bahwa meskipun proses berjalan otomatis 100%, risiko kerusakan mesin dan produksi produk cacat tetap dapat diminimalisir tanpa intervensi fisik operator secara terus-menerus.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metodologi eksperimental yang terstruktur untuk menguji efektivitas integrasi alat potong khusus dalam sistem CNC. Alur penelitian dibagi menjadi empat tahapan utama sebagai berikut:

3.1 Identifikasi dan Analisis Masalah (Plan)

Tahap awal dimulai dengan pengumpulan data kuantitatif terkait kegagalan mutu pada lini produksi *Cylindrical Housing*. Peneliti menganalisis laporan ketidaksesuaian produk (*Non-Conformity Report*) pada periode November 2024 hingga Januari 2025.

- **Observasi Lapangan:** Dilakukan pemetaan alur kerja (*flow process chart*) untuk mengidentifikasi titik lemah pada proses *chamfer* manual.
- **Analisis Data:** Ditemukan 17 kejadian defek, di mana residu material (*burr*) menjadi penyebab utama hambatan fungsional (*mechanical interference*) pada tahap perakitan di pelanggan.

3.2 Perancangan Solusi dan Pengembangan Alat (Plan & Do)

Berdasarkan hasil analisis, dilakukan pengembangan konsep otomasi melalui modifikasi alat potong.

- **Rancang Bangun Special Tool:** Mengubah *tool masspro* standar menjadi *combination tool* (Drill + Back Chamfer). Desain geometri pahat disesuaikan agar mampu menjangkau sisi belakang lubang (*area B*) tanpa memerlukan pembalikan benda kerja.
- **Pemrograman CNC:** Melakukan modifikasi *G-Code* pada program mesin CNC Axle. Peneliti menyisipkan parameter gerakan tambahan untuk mengakomodasi fungsi *back chamfer* setelah proses *drilling* selesai.

3.3 Implementasi dan Integrasi Sistem (Do)

Tahap implementasi dilakukan dengan memasang *special tool* pada turret mesin CNC dan melakukan *trial run*.

- **Sinkronisasi Parameter:** Mengatur kecepatan potong (*cutting speed*) dan laju pemakanan (*feed rate*) yang optimal untuk memastikan kehalusan permukaan *chamfer*.
- **Aktivasi Proteksi:** Mengintegrasikan fitur *Load Torque Protection* sebagai sistem deteksi dini. Sensor ini dikalibrasi untuk menangkap fluktuasi torsi yang menandakan adanya ketidaknormalan pada pahat potong (Groover, 2020).

3.4 Verifikasi dan Evaluasi Hasil (Check & Action)

Data hasil perbaikan dikumpulkan selama lima bulan (Mei – September 2025) untuk dibandingkan dengan data pra-perbaikan.

- **Uji Kualitas:** Melakukan inspeksi 100% pada area *back chamfer* menggunakan alat ukur standar dan verifikasi visual untuk memastikan *zero defect*.
- **Analisis Finansial:** Menghitung total penghematan biaya kualitas (NQI) dengan membandingkan biaya klaim sebelumnya terhadap biaya investasi modifikasi alat.
- **Standardisasi:** Hasil perbaikan yang terbukti efektif kemudian didokumentasikan ke dalam *Standard Operation Procedure* (SOP) baru sebagai bentuk tindakan pencegahan agar masalah tidak terulang kembali.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Deskripsi Kondisi Pengujian dan Parameter Operasional

Pengujian dilakukan pada lini produksi *Cylindrical Housing* dengan fokus pada optimasi proses *back chamfer*. Sebelum dilakukannya perbaikan, proses ini merupakan elemen kerja manual yang dilakukan di luar mesin CNC, yang menjadi sumber utama variabilitas kualitas. Pengujian *special drilling tool* hasil modifikasi dilakukan menggunakan mesin CNC Axle dengan parameter putaran spindle 1.200 rpm dan *feed rate* 0,15 mm/rev pada material aluminium alloy. Data yang dihimpun mencakup frekuensi defek kelolosan proses, waktu siklus (*cycle time*), dan efisiensi biaya kualitas (NQI) dengan total sampel observasi selama lima bulan produksi massal.

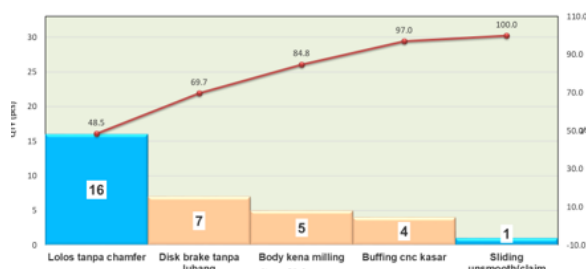


Figure 1 Pareto defect

4.2. Penyajian Hasil Utama (Data Kuantitatif)

Hasil Defek Produk Berdasarkan hasil pemantauan kualitas, terjadi perubahan signifikan pada tingkat kelolosan proses *chamfer*. Sebelum modifikasi, tercatat 16 kejadian defek dalam periode tiga bulan. Setelah implementasi *special tool*, angka kejadian menurun secara linear hingga mencapai titik 0 kejadian.

Tabel 1. Perbandingan Performa Kualitas Pre-Improvement vs Post-Improvement

Parameter Kualitas	Pre-Improvement (Manual)	Post-Improvement (Auto)	Persentase Perubahan
Kejadian Defek	16 kejadian	0 kejadian	-100%
Klaim Pelanggan	1 kejadian	0 kejadian	-100%

Hasil Efisiensi Biaya (Non-Quality Items) Data finansial menunjukkan penghematan biaya kualitas yang signifikan. Eliminasi pengerjaan ulang (*rework*) dan klaim eksternal memberikan dampak langsung pada penghematan biaya sebesar Rp57.946.800,- per tahun. Proyek ini mencatatkan *benefit ratio* sebesar 4,31x terhadap biaya investasi modifikasi alat.

4.3. Analisis dan Interpretasi Hasil

Penurunan drastis pada angka defek terjadi karena mekanisme *error-proofing* yang tercipta melalui desain *special tool* dua arah. Dalam metode manual, kelolosan proses sering terjadi akibat faktor kelelahan kognitif operator (Bridger, 2017). Secara mekanis, integrasi proses ke dalam mesin CNC memastikan gaya potong yang stabil dan konsisten. Sudut potong pada *special drilling tool* hasil modifikasi mampu mengurangi getaran radial saat proses *retract* (penarikan pahat), sehingga menghasilkan profil *back chamfer* yang presisi dan bersih dari residu material (*burr*). Aliran *coolant* bertekanan tinggi di dalam mesin juga secara otomatis membersihkan chip, yang mencegah terjadinya *mechanical interference* saat perakitan.

4.4. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Groover (2020) yang menyatakan bahwa penggunaan *combination tools* pada mesin CNC secara efektif meningkatkan akurasi geometris dan mengurangi waktu non-produktif. Fenomena eliminasi defek melalui otomasi ini juga mendukung teori Imai (1986) mengenai aplikasi *Poka-Yoke* yang dapat menurunkan tingkat kegagalan proses hingga di bawah 1% dalam industri manufaktur otomotif. Tren penurunan defek sebesar 100% dalam penelitian ini mengonfirmasi bahwa penggantian proses manual sensitif dengan kontrol mekanis terprogram adalah solusi paling stabil dalam menjaga standar kualitas massal.

4.5. Implikasi Praktis (Nilai Manfaat Industri)

Implementasi modifikasi *special drilling tool* ini memberikan nilai terapan tinggi bagi industri komponen otomotif. Secara kualitas, perusahaan mampu menjamin *zero defect* kepada pelanggan, yang secara langsung meningkatkan *trust index*. Dari sisi produktivitas, penghilangan elemen manual memberikan efisiensi waktu siklus dan membebaskan operator dari pekerjaan repetitif yang berisiko ergonomi. Secara ekonomi, tingginya *benefit ratio* membuktikan bahwa inovasi teknis sederhana pada alat potong dapat menjadi strategi reduksi biaya yang masif tanpa memerlukan investasi mesin baru.

4.6. Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini terbatas pada pengujian komponen *Cylindrical Housing* dengan material aluminium alloy dan belum mengevaluasi performa alat pada material dengan kekerasan lebih tinggi seperti baja karbon. Selain itu, evaluasi ini baru mencakup pengaruh modifikasi terhadap kualitas produk dan belum mengkaji secara mendalam pengaruh jangka panjang terhadap umur pakai (*tool life*) spindle mesin akibat beban torsi tambahan selama proses *back chamfer*.

4.7. Ringkasan Pembahasan

Secara keseluruhan, modifikasi *special drilling tool* terbukti sangat efektif dalam menjawab seluruh pertanyaan penelitian. Transformasi dari proses manual ke otomatis terintegrasi tidak hanya berhasil mengeliminasi defek kelolosan *chamfer* hingga 0 kejadian, tetapi juga memberikan dampak finansial yang signifikan bagi perusahaan melalui optimalisasi teknologi permesinan yang sudah ada.

V.PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, analisis data, dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai optimasi proses *back chamfer* pada komponen *Cylindrical Housing*, dapat ditarik beberapa kesimpulan utama sebagai berikut:

1. **Eliminasi Risiko Human Error:** Modifikasi elemen kerja dari metode manual menjadi otomatis telah berhasil menghilangkan ketergantungan pada memori dan ketelitian operator. Transformasi ini secara efektif menutup celah terjadinya kelalaian manusia dalam proses chamfering.
2. **Efektivitas Integrasi Alat Potong:** Penggunaan *special drilling tool* yang mengintegrasikan fungsi drilling dan *back chamfer* dalam satu siklus kerja terbukti mampu menjamin konsistensi kualitas geometris dan kebersihan produk (*technical cleanliness*) melalui pembuangan residu material (*burr*) yang lebih sempurna.
3. **Pencapaian Target Zero Defect:** Implementasi inovasi teknis ini berhasil menurunkan angka kejadian defek secara drastis, dari 16 kejadian pada periode pra-perbaikan menjadi 0 kejadian (100% clean) pada periode pasca-perbaikan selama lima bulan observasi.
4. **Efisiensi Finansial:** Proyek perbaikan ini memberikan kontribusi finansial yang nyata bagi perusahaan dengan nilai penghematan NQI sebesar Rp57.946.800,- per tahun dan mencatatkan *benefit ratio* yang tinggi sebesar 4,31x.

5.2 Saran

Untuk memastikan keberlanjutan hasil perbaikan dan pengembangan lebih lanjut, penulis memberikan saran-saran sebagai berikut:

1. **Standardisasi dan Replikasi:** Disarankan agar hasil

modifikasi *special tool* ini segera didokumentasikan ke dalam standar operasional baku (SOP) dan direplikasikan pada lini produksi lain yang memiliki karakteristik komponen serupa untuk memaksimalkan efisiensi perusahaan.

2. **Pemantauan Tool Life:** Mengingat beban torsi mesin bertambah dengan adanya fungsi *back chamfer*, perlu dilakukan studi lebih lanjut mengenai umur pakai alat (*tool life*) dan pengaruhnya terhadap *maintenance* rutin pada spindle mesin CNC guna mencegah kerusakan jangka panjang.
3. **Pengembangan Proteksi Otomatis:** Optimalisasi fitur *load torque protection* harus terus dikalibrasi secara berkala untuk memastikan sensitivitas sensor tetap akurat dalam mendeteksi kelainan proses secara *real-time*.
4. **Pelatihan Kompetensi:** Meskipun proses telah berjalan otomatis, operator perlu diberikan pelatihan teknis mengenai cara penanganan dan pembersihan *special tool* agar performa alat tetap terjaga pada kondisi optimal.

Daftar Pustaka

- Bridger, R. S. (2017). *Introduction to Ergonomics* (4th ed.). CRC Press.
- Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (7th ed.). Wiley.
- Imai, M. (1986). *Kaizen: The Key to Japan's Competitive Success*. McGraw-Hill Education.
- Reason, J. (1990). *Human Error*. Cambridge University Press.