



5 Why Analysis dan Implementasi Dies Multicavity dalam Peningkatan Produktivitas dan Efisiensi Tenaga Kerja pada Proses Pembuatan Lubang Pipa di Perusahaan Otomotif Indonesia

Ahmad Syafrudin ^{1*}, Muhammad Fahmi Romadhan ², Fahru Radju Dwinata ³,
Naufal Luthfi Barizki ⁴, Yudi Prastyo ⁵

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi, Indonesia

² Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi, Indonesia

³ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi, Indonesia

⁴ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi, Indonesia

⁵ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Pelita Bangsa, Kabupaten Bekasi, Indonesia

*Penulis Korespondensi: Ahmadsyafrudin006@gmail.com

Abstract. *Productivity is a primary indicator of manufacturing system success. In the type 3.2 pipe hole-making process at the line boring station of an Indonesian automotive company, a long drilling process problem was identified due to limited hole-making capacity and a bottleneck at the reaming stage, resulting in suboptimal finish good output. This study aims to identify the root causes using the 5 Why Analysis method and to analyze the effect of implementing multicavity dies on productivity and labor efficiency. A descriptive quantitative approach with a before-after comparison design was employed. Before data were collected over 63 effective working days (Juni-August 2025), and after data over 64 effective working days (September-November 2025). The 5 Why Analysis identified three root cause categories: machine (drilling produced only 1 cavity per stroke and generated burrs requiring reaming), safety (safety cover obstructed visibility and caused non-ergonomic work posture), and man (separated workflow required more operators). A 4-cavity multicavity dies was implemented, consolidating drilling and reaming into a single press dies operation. Results showed average finish good output increased from 3,869 to 5,204 pcs/day (+34.5%), while operators were reduced from 3 to 2 (33.3% labor efficiency). Multicavity dies effectively eliminated the bottleneck and enhanced overall system capacity.*

Keywords: 5 Why Analysis, Multicavity Dies, Bottleneck, Productivity, Labor Efficiency, Line Boring

Abstrak. Produktivitas merupakan indikator utama keberhasilan sistem manufaktur. Pada proses pembuatan lubang pipa tipe 3,2 di *line boring* Perusahaan Otomotif Indonesia, ditemukan permasalahan *long drilling process* akibat keterbatasan kapasitas *hole making* dan *bottleneck* pada tahap *reaming*, sehingga output *finish good* tidak optimal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi akar penyebab masalah menggunakan metode **5 Why Analysis** serta menganalisis pengaruh penerapan **dies multicavity** terhadap peningkatan produktivitas dan efisiensi tenaga kerja. Pendekatan yang digunakan adalah kuantitatif deskriptif dengan rancangan perbandingan *before-after*. Data *before* diambil selama 63 hari kerja efektif (Juni–Agustus 2025) dan data *after* selama 64 hari kerja efektif (September–November 2025). Hasil 5 Why Analysis mengidentifikasi tiga akar masalah: faktor *machine* (proses *drilling* hanya menghasilkan 1 *cavity per stroke* dan menghasilkan *burry* sehingga memerlukan *reaming* lanjutan), faktor *safety* (desain *safety cover* menghalangi visibilitas dan menyebabkan postur kerja tidak ergonomis), serta faktor *man* (alur kerja terpisah membutuhkan lebih banyak operator). Sebagai *countermeasure*, diterapkan *dies multicavity 4 cavity* yang menggabungkan proses *drilling* dan *reaming* menjadi satu proses *press dies*. Hasilnya, rata-rata output meningkat dari 3.869 menjadi 5.204 pcs/hari (+34,5%), dan

jumlah operator berkurang dari 3 menjadi 2 orang (**efisiensi 33,3%**). *Dies multicavity* terbukti efektif mengeliminasi *bottleneck* dan meningkatkan kapasitas sistem secara keseluruhan.

Kata kunci: 5 Why Analysis, dies multicavity, bottleneck, produktivitas, efisiensi tenaga kerja, line boring

1. LATAR BELAKANG

Industri manufaktur otomotif merupakan sektor strategis yang berkontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional. Dalam lingkungan industri yang semakin kompetitif, produktivitas yaitu kemampuan sistem menghasilkan output secara optimal dengan sumber daya yang efisien menjadi indikator utama keberhasilan sistem manufaktur (Febianti et al., 2020). Ketidakmampuan suatu proses dalam mencapai kapasitas optimalnya akan berdampak langsung pada kelancaran aliran produksi secara keseluruhan.

Salah satu permasalahan yang umum menghambat produktivitas adalah bottleneck, yaitu kondisi di mana satu atau lebih stasiun kerja memiliki kapasitas output lebih rendah dari stasiun lainnya sehingga menyebabkan penumpukan work in progress (WIP), peningkatan lead time, dan pemborosan kapasitas pada proses lain yang terpaksa menunggu (A. R. Mukti et al., 2021.)

Pada proses pembuatan lubang pipa tipe 3,2 di line boring Perusahaan Otomotif Indonesia, ditemukan permasalahan long drilling process yang berdampak pada rendahnya output finishgood. Proses reaming menjadi bottleneck utama dengan kapasitas rata-rata 3.912 pcs/hari, jauh di bawah proses drilling sebesar 5.606 pcs/hari, menghasilkan selisih kapasitas 1.694 pcs/hari yang tidak dapat dimanfaatkan secara optimal. Permasalahan ini diperparah oleh hole making yang hanya menghasilkan 1 cavity per stroke, seringnya pengasahan drill bit akibat burry, desain safety cover yang menghalangi visibilitas, posisi kerja yang tidak ergonomis, serta kebutuhan operator yang lebih banyak akibat alur kerja yang masih terpisah menunjukkan bahwa permasalahan produktivitas juga dipengaruhi aspek keselamatan kerja dan efisiensi tenaga kerja (Sari & Oktora, 2021).

Untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan secara sistematis, digunakan metode 5 Why Analysis. Metode ini merupakan teknik analisis sebab-akibat yang bekerja dengan cara mengajukan pertanyaan "mengapa" secara berulang hingga ditemukan akar penyebab sesungguhnya dari suatu masalah (Ongbali et al., 2021). Hasil analisis ini kemudian menjadi dasar penetapan countermeasure yang tepat sasaran, yaitu

pembuatan dan penerapan dies multicavity 4 cavity untuk menggantikan proses drilling dan reaming menjadi satu proses press dies yang lebih sederhana, lebih cepat, dan lebih efisien.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi akar penyebab long drilling process pada proses pembuatan lubang pipa tipe 3,2 menggunakan metode 5 Why Analysis dan (2) menganalisis pengaruh penerapan dies multicavity 4 cavity terhadap peningkatan produktivitas output finish good line boring dan efisiensi tenaga kerja di Perusahaan Otomotif Indonesia.

2. KAJIAN TEORITIS

Why Analysis

5 Why Analysis adalah metode analisis akar penyebab masalah (root cause analysis) yang dikembangkan oleh Sakichi Toyoda dan menjadi bagian integral dari Toyota Production System (TPS). Metode ini bekerja dengan cara mengajukan pertanyaan "mengapa" (why) secara berulang umumnya sebanyak lima kali terhadap suatu permasalahan hingga ditemukan akar penyebab sesungguhnya (Kumar et al., 2020). Pendekatan ini bersifat sederhana namun efektif karena tidak memerlukan analisis statistik yang kompleks dan dapat diterapkan langsung di rantai produksi. Dalam praktik industri, 5 Why Analysis sering dikombinasikan dengan Fishbone Diagram dan metode perbaikan lainnya untuk menghasilkan countermeasure yang tepat sasaran (Zulkifli & Thevendram, 2019).

Dies dan Press Tool

Dies merupakan perkakas (tooling) yang digunakan dalam proses stamping atau pressing untuk membentuk, memotong, atau membuat lubang pada material logam secara presisi. Dalam proses hole making, penggunaan dies menggantikan proses drilling konvensional memberikan keunggulan berupa kecepatan proses yang lebih tinggi, konsistensi dimensi lubang yang lebih baik, serta tidak memerlukan proses reaming lanjutan karena kualitas lubang yang dihasilkan sudah memenuhi spesifikasi (Antonius et al., 2025). Dies multicavity adalah jenis dies yang dirancang untuk menghasilkan beberapa lubang (cavity) dalam satu stroke, sehingga secara langsung

melipatgandakan kapasitas output proses hole making dibandingkan proses drilling satu cavity per stroke.

Efisiensi Tenaga Kerja

Efisiensi tenaga kerja merupakan ukuran seberapa optimal penggunaan sumber daya manusia dalam menghasilkan output produksi. Efisiensi tenaga kerja dapat ditingkatkan melalui penyederhanaan alur kerja, eliminasi aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah (*non-value added activity*), dan integrasi beberapa proses menjadi satu alur yang lebih sederhana (Ngudi Wiyatno et al., n.d.). Penelitian menunjukkan bahwa analisis produktivitas menggunakan pendekatan kuantitatif pada lingkungan manufaktur otomotif mampu mengidentifikasi peluang efisiensi tenaga kerja yang signifikan. Penurunan jumlah operator yang diperlukan tanpa disertai penurunan output merupakan indikator nyata dari peningkatan efisiensi tenaga kerja dalam suatu proses produksi (Shinta Devi & Setiafindari, 2024).

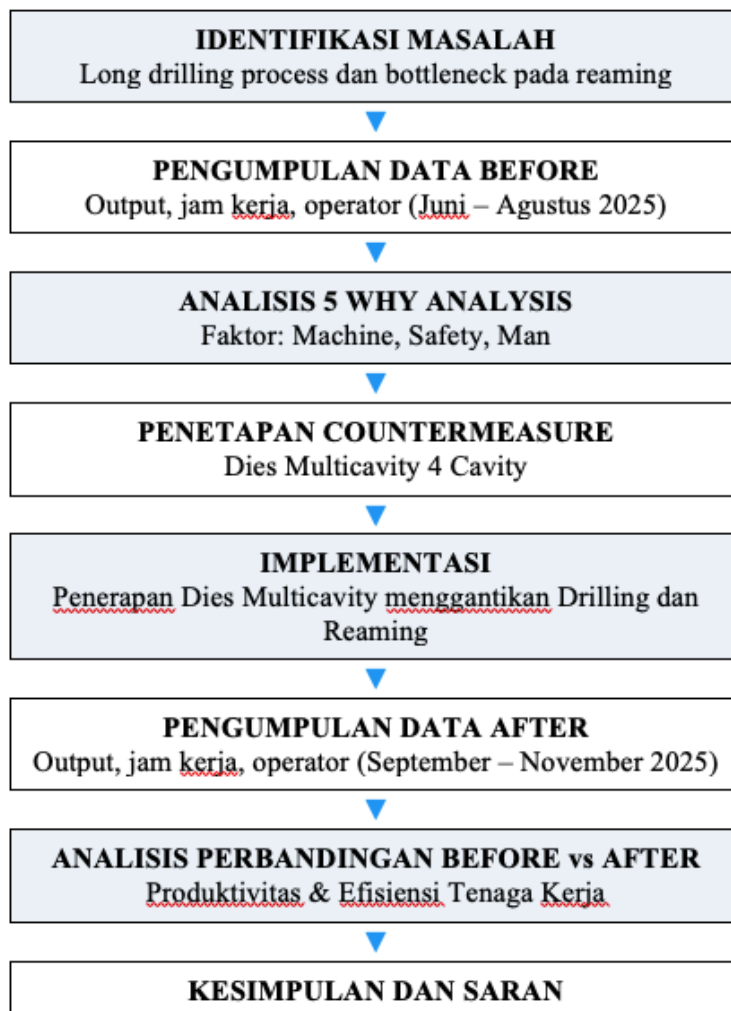
3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan rancangan perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan. Objek penelitian adalah proses pembuatan lubang pipa tipe 3,2 pada line boring di Perusahaan Otomotif Indonesia. Data kondisi *before* diambil pada periode Juni–Agustus 2025 sebanyak 63 hari kerja efektif, sedangkan data kondisi *after* diambil pada periode September–November 2025 sebanyak 64 hari kerja efektif. Variabel yang diamati meliputi output harian per proses, jam kerja harian, jumlah operator, dan output *finish good* line boring.

Tahapan penelitian disusun secara sistematis mengacu pada alur yang disajikan pada Gambar 1, yaitu: (1) identifikasi masalah berupa long drilling process dan bottleneck pada proses reaming; (2) pengumpulan data kondisi *before* meliputi output, jam kerja, dan jumlah operator pada periode Juni–Agustus 2025; (3) analisis akar penyebab menggunakan metode 5 Why Analysis berdasarkan faktor machine, safety, dan man; (4) penetapan countermeasure berupa dies multicavity 4 cavity; (5) implementasi dies multicavity menggantikan proses drilling dan reaming; (6) pengumpulan data kondisi *after* pada periode September–November 2025; (7) analisis

perbandingan kondisi before dan after terhadap produktivitas dan efisiensi tenaga kerja; serta (8) penarikan kesimpulan dan penyusunan saran.

Alur tahapan penelitian secara visual disajikan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Sumber: Dokumen Pribadi (2025)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil 5 Why Analysis

Berdasarkan analisis menggunakan metode 5 Why Analysis, ditemukan tiga kelompok faktor penyebab long drilling process pada proses pembuatan lubang pipa tipe 3,2, yaitu faktor machine, safety, dan man. Rekapitulasi hasil analisis disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil 5 Why Analysis Long Drilling Process pada Proses Hole Making Pipa Tipe 3,2

Faktor	Meseleh	Why-1	Why-2	Why-3	Why-4/5	Countermeasure
Machine	Long drilling process	Drill bit terlalu sering diasah	Saat drill bit tumpul menghasilkan lebih banyak burry	Drill bit menghasilkan burry >3mm	-	Membuat dies metal baru untuk hole making 4 cavity
Machine	Slow lead time process	Proses drill hanya 1 cavity per stroke	Risiko dimensional error besar karena stopper tidak terlihat	Proses drilling harus selalu disemprot air gun agar stopper tidak macet	-	Membuat dies metal baru untuk hole making 4 cavity
Safety	Safety risk for mass production	Memerlukan banyak optimasi untuk keselamatan	Safety cover menghalangi visibilitas	Lever drilling di atas kepala, mengganggu ergonomi	Tidak memakai sarung tangan; proses drill meningkatkan risiko kecelakaan	Membuat dies metal baru untuk hole making 4 cavity
Man	Too many resource for hole making	Butuh 2 tenaga kerja untuk hole making 3,2mm	Butuh 2 mesin untuk menyelesaikan hole making	-	-	Membuat dies metal baru untuk hole making 4 cavity

Sumber: Data Penelitian (2025)

Seluruh akar penyebab dari ketiga faktor pada Tabel 1 mengarah pada satu countermeasure, yaitu pembuatan dies multicavity 4 cavity. Solusi ini dipilih karena mampu menjawab seluruh permasalahan secara bersamaan, meliputi eliminasi kebutuhan pengasahan drill bit, penghapusan proses reaming, perbaikan ergonomi kerja, serta pengurangan jumlah operator yang dibutuhkan.

Kondisi Awal Proses (Before)

Pada kondisi awal, proses pembuatan lubang pipa tipe 3,2 di line boring terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu drilling, reaming, dan tapping, dengan jumlah operator sebanyak 3 orang. Data output harian selama periode Juni-Agustus 2025 (63 hari kerja efektif) dirangkum pada Tabel 1 berikut.

Tabel 2. Rekapitulasi Data Output Produksi Kondisi Before (Juni-Agustus 2025)

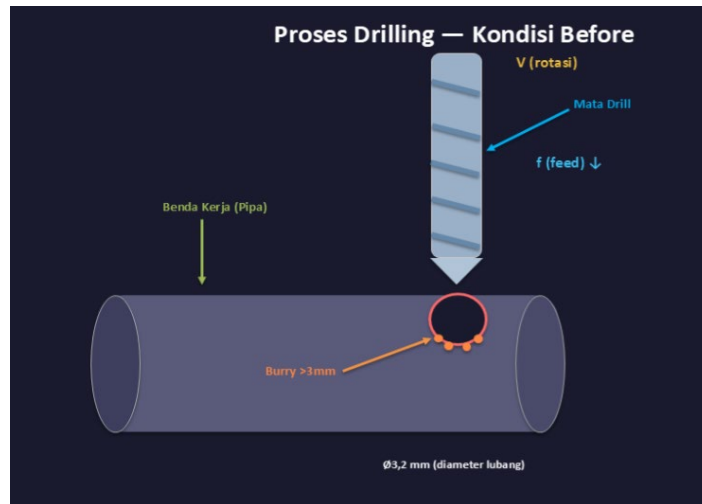
Bulan	Hari Kerja	Rata-rata Jam Kerja	Rata-rata Output Drilling (pcs/hari)	Rata-rata Output Reaming (pcs/hari)	Rata-rata Output Tapping (pcs/hari)	Rata-rata Finish Good (pcs/hari)
Juni 2025	19	7,27	5.619	3.906	3.901	3.867
Juli 2025	23	7,26	5.592	3.907	3.900	3.863
Agustus 2025	21	7,25	5.612	3.925	3.920	3.877
Rata-rata	63	7,26	5.606	3.912	3.907	3.869

Sumber: Data Penelitian (2025)

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa rata-rata output drilling mencapai 5.606 pcs/hari, namun output finish good hanya sebesar 3.869 pcs/hari. Hal ini disebabkan oleh kapasitas proses reaming yang hanya mampu memproses rata-rata 3.912 pcs/hari, sehingga terdapat selisih kapasitas sebesar 1.694 pcs/hari antara proses drilling dan reaming yang tidak dapat dimanfaatkan. Kondisi ini secara kuantitatif membuktikan bahwa reaming merupakan bottleneck utama pada sistem produksi line boring.

Proses Drilling

Proses drilling dilakukan menggunakan mesin bor dengan mata drill berdiameter 3,2 mm. Dalam satu kali stroke, mesin hanya mampu menghasilkan 1 cavity pada 1 pipa, sehingga kapasitas prosesnya terbatas pada rata-rata 5.606 pcs/hari. Selain itu, proses ini secara konsisten menghasilkan burry berukuran lebih dari 3 mm pada tepi lubang, sehingga setiap produk wajib diproses lanjut ke tahap reaming sebelum dapat masuk ke proses tapping. Proses drilling di ilustrasikan pada gambar 2 berikut :



Gambar 2. Proses *Drilling* pada Pipa Tipe 3,2 (Kondisi *Before*)

Sumber: Dokumentasi Perusahaan (2025)

Kondisi Produk Before (Burry pada Lubang)

Gambar 3 menunjukkan kondisi burry yang terbentuk pada tepi lubang hasil proses drilling. Burry yang terbentuk melebihi toleransi 3 mm sehingga menjadi penyebab utama keharusan proses reaming lanjutan. Selain menurunkan kualitas produk, kondisi ini juga memperpanjang alur proses dan meningkatkan kebutuhan operator.

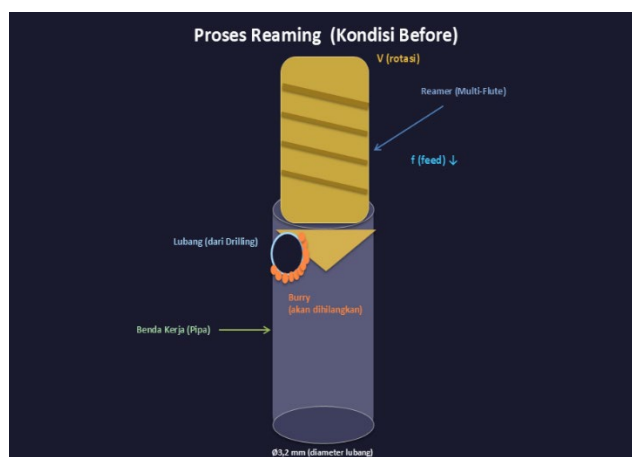


Gambar 3. Kondisi Burry pada Lubang Hasil Proses Drilling

Sumber: Dokumentasi Perusahaan (2025)

Proses Reaming

Proses reaming dilakukan untuk menghilangkan burry hasil drilling dan memastikan dimensi lubang memenuhi spesifikasi sebelum masuk ke proses tapping. Kapasitas proses reaming hanya mencapai rata-rata 3.912 pcs/hari lebih rendah 1.694 pcs/hari dibandingkan kapasitas drilling sehingga proses ini menjadi bottleneck yang membatasi output finish good seluruh line boring.



Gambar 4. Proses Reaming pada Pipa Tipe 3,2 (Kondisi Before)

Sumber: Dokumentasi Perusahaan (2025)

Kondisi Setelah Improvement (After)

Setelah penerapan dies multicavity 4 cavity, alur proses berubah dari tiga tahapan (drilling → reaming → tapping) menjadi dua tahapan (press dies → tapping). Data output harian selama periode September-November 2025 (64 hari kerja efektif) dirangkum pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Rekapitulasi Data Output Produksi Kondisi After (September-November 2025)

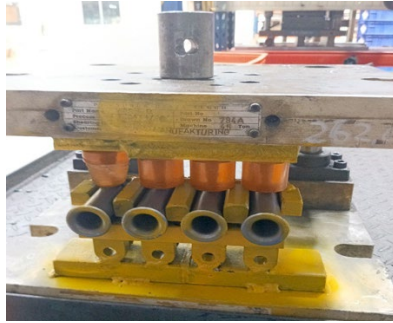
Bulan	Hari Kerja	Rata-rata Jam Kerja	Rata-rata Output Dies (pcs/hari)	Rata-rata Output Tapping (pcs/hari)	Rata-rata Finish Good (pcs/hari)
September 2025	21	7,26	8.241	5.174	5.174
Oktober 2025	23	7,33	8.353	5.243	5.243
November 2025	20	7,25	8.266	5.193	5.193
Rata-rata	64	7,28	8.289	5.204	5.204

Sumber: Data Penelitian (2025)

Pada kondisi after, proses reaming telah berhasil dieliminasi sepenuhnya. Output finish good line boring meningkat signifikan menjadi rata-rata 5.204 pcs/hari dengan jumlah operator yang berkurang menjadi 2 orang.

Dies Multicavity 4 Cavity

Dies multicavity 4 cavity dirancang khusus untuk memproses 4 pcs pipa tipe 3,2 secara bersamaan dalam satu kali stroke menggunakan mesin press 45 ton. Desain dies menggabungkan fungsi hole making dan finishing dalam satu proses, sehingga lubang yang dihasilkan langsung memenuhi spesifikasi tanpa memerlukan proses reaming lanjutan. Gambar 6 menunjukkan konstruksi dies multicavity 4 cavity yang digunakan.



Gambar 5. Dies Multicavity 4 Cavity (Kondisi After)

Sumber: Dokumentasi Perusahaan (2025)

Kondisi Produk After (Lubang Tanpa Burry)



Gambar 6. Kondisi Lubang Pipa Hasil Proses Press Dies Multicavity Tanpa Burry

Sumber: Dokumentasi Perusahaan (2025)

Gambar 6 menunjukkan kondisi lubang pada pipa tipe 3,2 setelah diproses menggunakan dies multicavity. Permukaan lubang lebih bersih tanpa burry sehingga produk dapat langsung masuk ke proses tapping tanpa melalui proses reaming. Kualitas dimensi lubang yang konsisten antar cavity membuktikan bahwa dies multicavity mampu menggantikan fungsi proses drilling dan reaming secara sekaligus.

Analisis Perbandingan Before dan After

Perbandingan menyeluruh antara kondisi before dan after disajikan pada Tabel 4 berikut.

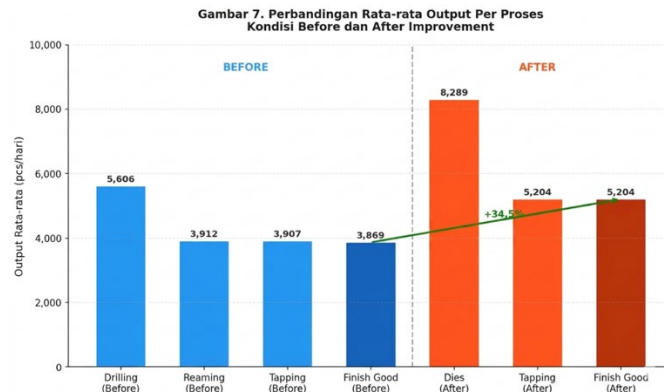
Parameter	Before	After	Perubahan
Periode pengamatan	Juni-Agustus 2025	Sep-November 2025	-
Jumlah hari kerja	63 hari	64 hari	-
Alur proses	Drilling→Reaming→Tapping	Press Dies→Tapping	Berkurang 1 proses
Rata-rata jam kerja	7,26 jam/hari	7,28 jam/hari	+0,02 jam
Jumlah operator	3 orang	2 orang	-1 orang (↓33,3%)
Rata-rata output Finish Good	3.869 pcs/hari	5.204 pcs/hari	+1.335 pcs/hari (↑34,5%)
Produktivitas	532,99 pcs/jam	714,74 pcs/jam	+181,75 pcs/jam (↑34,1%)

Tabel 4. Perbandingan Kondisi Before dan After Improvement

Sumber: Data Penelitian (2025)

Berdasarkan Tabel 4, dengan jam kerja yang relatif sama (7,26 vs 7,28 jam/hari), penerapan dies multicavity menghasilkan peningkatan output finish good dari 3.869 pcs/hari menjadi 5.204 pcs/hari, atau naik sebesar 34,5%. Produktivitas per jam kerja juga meningkat dari 532,99 pcs/jam menjadi 714,74 pcs/jam, setara dengan kenaikan 34,1%. Pada saat yang sama, jumlah operator berhasil dikurangi dari 3 orang menjadi 2 orang, sehingga terjadi efisiensi tenaga kerja sebesar 33,3%.

Untuk memperjelas perbedaan kapasitas antar proses before dan after improvement, perbandingan rata-rata output per proses di sajikan pada gambar 7 berikut:

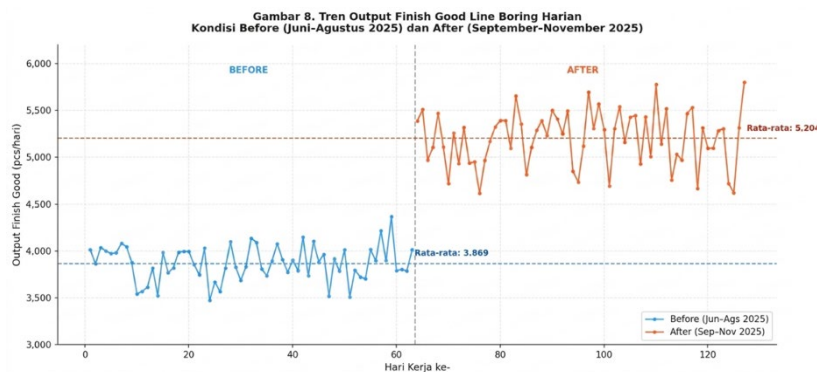


Gambar 7. Perbandingan Rata-rata Output Per Proses Kondisi Before dan After Improvement

Sumber: Data Penelitian (2025)

Gambar 7 memperlihatkan bahwa pada kondisi before, proses reaming hanya mampu menghasilkan rata-rata 3.912 pcs/hari, jauh di bawah kapasitas drilling sebesar 5.606 pcs/hari, sehingga selisih 1.694 pcs/hari tersebut menjadikan reaming sebagai bottleneck yang membatasi output finish good pada angka 3.869 pcs/hari. Setelah penerapan dies multicavity, proses reaming dieliminasi dan digantikan satu proses press dies berkapasitas 8.289 pcs/hari, sehingga output finish good meningkat menjadi 5.204 pcs/hari.

Perkembangan output finish good secara harian selama seluruh periode pengamatan dapat dilihat pada Gambar 8 berikut :

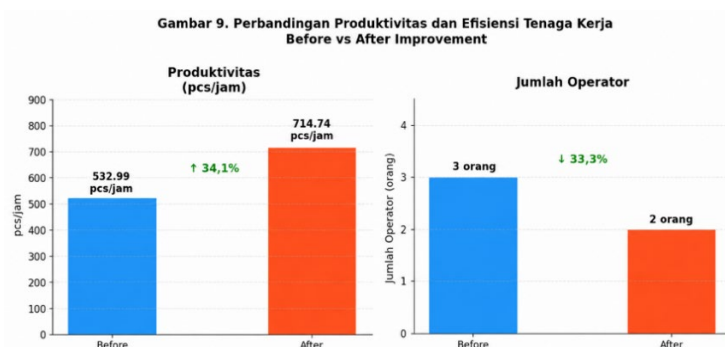


Gambar 8. Tren Output Finish Good Line Boring Before dan After

Sumber: Data Penelitian (2025)

Gambar 8 menunjukkan bahwa output harian pada kondisi before cenderung stabil di kisaran 3.500 hingga 4.100 pcs/hari dengan rata-rata 3.869 pcs/hari. Setelah penerapan dies multicavity pada September 2025, output harian meningkat ke kisaran

4.600 hingga 5.800 pcs/hari dengan rata-rata 5.204 pcs/hari dan tetap berjalan stabil selama 64 hari kerja pengamatan. Perbandingan produktivitas dan efisiensi tenaga kerja secara lebih rinci disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan Produktivitas dan Efisiensi Tenaga Kerja Before vs After Improvement

Sumber: Data Penelitian (2025)

Gambar 9 menunjukkan bahwa produktivitas meningkat dari 532,99 pcs/jam menjadi 714,74 pcs/jam (naik 34,1%), sedangkan jumlah operator berkurang dari 3 orang menjadi 2 orang (turun 33,3%), keduanya terjadi tanpa penambahan jam kerja. Peningkatan ini disebabkan oleh penerapan dies multicavity 4 cavity yang mampu memproses 4 pipa sekaligus dalam satu stroke, sehingga proses reaming sebagai bottleneck berhasil dieliminasi, alur produksi disederhanakan dari tiga tahapan menjadi dua tahapan, dan kapasitas finish good line boring meningkat secara keseluruhan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat tiga kesimpulan utama. Pertama, 5 Why Analysis mengidentifikasi akar penyebab *long drilling process* bersumber dari tiga faktor: *machine* (drilling hanya 1 cavity/stroke dan menghasilkan burry >3mm sehingga reaming menjadi bottleneck dengan selisih kapasitas 1.694 pcs/hari), *safety* (*safety cover* menghalangi visibilitas dan posisi *lever* menyebabkan postur kerja tidak ergonomis), serta *man* (alur kerja terpisah membutuhkan lebih banyak operator). Kedua, penerapan *dies multicavity 4 cavity* meningkatkan produktivitas *output finish good* dari 3.869 menjadi 5.204 pcs/hari (+34,5%), dengan produktivitas per jam meningkat dari 532,99 menjadi 714,74 pcs/jam. Ketiga, jumlah operator berkurang dari 3 menjadi 2 orang, mencerminkan efisiensi tenaga kerja sebesar 33,3% tanpa penurunan output produksi.

Saran untuk Perusahaan: (1) menerapkan konsep *dies multicavity* pada lini produksi lain yang menghadapi *bottleneck* serupa; (2) melakukan pemantauan berkala terhadap kualitas lubang, usia pakai *dies*, dan *setup time*; serta (3) mendokumentasikan perbaikan ergonomi sebagai standar kerja (SOP). Untuk penelitian selanjutnya, disarankan mengkaji kualitas lubang secara mendalam (presisi dimensi dan tingkat *reject*), mengintegrasikan *cost-benefit analysis*, serta mengkombinasikan 5 Why Analysis dengan metode FMEA atau *Value Stream Mapping* untuk gambaran perbaikan yang lebih komprehensif.

DAFTAR REFERENSI

- Antonius, D., Nanang, Y. S., & Ardana Wahyudi, F. (2025). *Analisis Mengurangi Downtime Pada Dies Dengan Menurunkan Problem Burry Dengan Menggunakan Metode QCC Dan FMEA* (Vol. 7, Number 1). <https://permadi.nusaputra.ac.id/index>
- Febianti, E., Lintang Trenggonowati, D., Sutanto, Y., Teknik Industri, J., & Sultan Ageng Tirtayasa Jln Jend Sudirman Km, U. (2020). Review Produktivitas Mesin Menggunakan Total Productive Maintenance (Studi Kasus Perusahaan Manufaktur). In *Journal Industrial Servicess* (Vol. 6, Number 1). <http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jiss>
- Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah, J., Rohmatil Maulidah, A., Utomo, Y., Buana Surabaya Jl Dukuh Menanggal XII, A., Menanggal, D., Gayungan, K., Surabaya, K., & Timur, J. (n.d.). Penerapan Metode Objective Matrix (OMAX) dalam Mengukur Produktivitas (Studi Kasus : Departemen Servis PT. Tri Mitra Lestari). In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 9, Number 2).
- Ngudi Wiyatno, T., Putri Riandani, A., Fitra, A., Rahayu, S., & An Khofiyah, N. (n.d.). PENGENALAN KONSEP DASAR LEAN MANUFACTURING PADA PERUSAHAAN SME (Small Medium Enterprise). In *Jurnal Pengabdian Kolaborasi dan Inovasi IPTEKS* (Vol. 1).
- Ongbali, S. O., Afolalu, S. A., Oyedepo, S. A., Aworinde, A. K., & Fajobi, M. A. (2021). A study on the factors causing bottleneck problems in the manufacturing industry using principal component analysis. *Heliyon*, 7(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07020>
- Sari, R. D. P., & Oktora, S. I. (2021). Determinan Produktivitas Tenaga Kerja Industri Manufaktur Besar dan Sedang di Pulau Jawa. *Jurnal Ekonomi Dan Pembangunan Indonesia*, 21(2), 185–203. <https://doi.org/10.21002/jepi.2021.12>

Shinta Devi, F., & Setiafindari, W. (2024). ANALISIS PRODUKTIVITAS MENGGUNAKAN METODE OBJECTIVE MATRIX DAN FAULT TREE ANALYSIS PADA PROSES PRODUKSI E-MOTOR PT ABC. *JURNAL ILMIAH TEKNIK INDUSTRI DAN INOVASI*, 2(1), 30–44. <https://doi.org/10.59024/jisi.v2i1.589>