

OPTIMALISASI PROSES DRILL DAN TAP EMPAT LUBANG SIDE FRAME TIPE 110/138

Arif Jauharul Ma'nun

Universitas Pelita Bangsa

E-Mail: arifjauharulmanun@gmail.com

Abstrak – Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan efisiensi proses machining drill dan tap empat lubang pada side frame tipe 110 dan 138. Pada kondisi awal, empat lubang tersebut tidak dapat diproses sepenuhnya menggunakan mesin otomatis, sehingga operator harus melakukan dua tahap pengerjaan: satu kali menggunakan mesin otomatis dan satu kali lagi secara manual. Kondisi ini membuat waktu produksi menjadi lebih panjang dan hasilnya kurang konsisten. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung, pengukuran waktu siklus, serta diskusi dengan operator terkait kendala yang muncul pada proses manual. Analisis akar penyebab dilakukan menggunakan fishbone diagram untuk melihat faktor mesin, metode kerja, dan faktor manusia. Setelah dilakukan penyesuaian proses dan penerapan pola kerja baru pada mesin otomatis, empat lubang tersebut dapat diproses dalam satu alur tanpa tambahan pengerjaan manual. Perubahan ini memangkas total waktu produksi dari 85 menit menjadi 75 menit. Selain itu, kualitas lubang lebih stabil dan beban kerja operator berkurang. Secara keseluruhan, optimalisasi proses otomatis memberikan peningkatan efisiensi waktu sekaligus memperbaiki konsistensi hasil pada proses drill dan tap side frame.

Kata Kunci: Drill Dan Tap, Otomatisasi, Machining Side Frame, Efisiensi Waktu.

PENDAHULUAN

PT. XYZ merupakan perusahaan manufaktur yang berlokasi di Jl. Raya Cibitung, Kabupaten Bekasi dan bergerak dalam produksi komponen alat berat. Proses machining memegang peran penting dalam memastikan setiap komponen memiliki dimensi dan kualitas geometris yang memenuhi standar, karena penyimpangan kecil sekalipun dapat memengaruhi kekuatan, kesesuaian pemasangan, dan keandalan komponen saat digunakan di lapangan. Pada area produksi, proses drill dan tap menjadi salah satu tahapan kritis yang menentukan presisi lubang sambungan serta kestabilan struktur. Pada side frame tipe 110 dan 138, terdapat empat lubang yang sebelumnya tidak dapat diproses sepenuhnya menggunakan mesin otomatis. Kondisi ini mengharuskan operator menjalankan dua metode pengerjaan, yaitu pemrosesan awal menggunakan mesin otomatis dan penyelesaian akhir secara manual. Selain membuat proses menjadi lebih panjang, pola ini menimbulkan variasi hasil dan beban kerja tambahan bagi operator, khususnya pada proses tapping yang menuntut ketelitian tinggi. Evaluasi waktu produksi menunjukkan bahwa total waktu pengerjaan mencapai 85 menit untuk satu unit, sehingga terjadi keterlambatan pada alur produksi dan pemanfaatan mesin menjadi kurang optimal. Pemeriksaan lebih lanjut mengidentifikasi bahwa keterbatasan mesin otomatis dalam menjangkau keempat lubang tersebut menjadi penyebab utama tidak efisiennya proses. Selain itu, perbedaan keterampilan operator pada tahap manual turut memengaruhi konsistensi kualitas lubang. Apabila kondisi ini dibiarkan, potensi defect pada proses tapping dapat meningkat dan mengganggu pencapaian target kualitas di lini machining. Penelitian ini dilaksanakan sebagai studi kasus untuk menilai urgensi optimalisasi proses melalui penerapan otomatisasi penuh pada empat lubang tersebut. Dengan melakukan penyesuaian metode kerja dan pemanfaatan fungsi mesin otomatis secara maksimal, perusahaan dapat memangkas proses manual, meningkatkan stabilitas kualitas, serta mengurangi beban kerja operator. Hasil awal penerapan menunjukkan adanya penurunan waktu produksi dari 85 menit menjadi 75 menit, yang mengindikasikan peningkatan efisiensi proses serta potensi perbaikan produktivitas secara menyeluruh di area machining.

KAJIAN PUSTAKA

Plan,Do,Check,Action (PDCA)

Metode PDCA dikenalkan oleh Dr.W.Edwards Deming dan sering juga disebut siklus deming (Deming Cycle), PDCA memiliki proses seperti siklus, dimana pada setiap tahapannya dilakukan secara terus menerus untuk mendapatkan hasil perbaikan yang terbaik dari proses control yang tepat (Kurniawan & Azwir,2018).

Steps PDCA

Dalam melakukan perbaikan, kegiatan PDCA memiliki delapan langkah (8 Steps). Delapan langkah PDCA adalah sebagai berikut: 1) Menentukan Tema, 2) Analisa Kondisi, 3) Menetapkan Tujuan, 4) Analisa Fishbone, 5) Rencana Penanggulangan, 6) Penanggulangan, 7) Evaluasi Hasil, 8) Standarisasi dan tindakan lanjut.

Alat Bantu PDCA

Menurut (Mungnay,2016) metode yang dapat digunakan untuk membantu proses penggunaan konsep PDCA lainnya yaitu alat bantu statistik seperti Seven Tools. Metode ini dikembangkan di Jepang dan 95% telah berhasil menyelesaikan permasalahan dalam meningkatkan kualitas. Seven Tools terdiri dari alat (Isniah,2020): Check Sheet, Histogram, Pareto Diagram, Fishbone Diagram, Scatter Diagram, Control Chart, dan Flow Chart.

Proses Machining (Drill dan Tap)

Machining merupakan proses pemotongan material untuk menghasilkan bentuk dan ukuran yang sesuai spesifikasi. Proses drill digunakan untuk membuat lubang pada material, sedangkan tap berfungsi membentuk ulir di dalam lubang tersebut. Keduanya termasuk proses yang membutuhkan presisi tinggi karena berhubungan langsung dengan kekuatan sambungan dan kualitas perakitan komponen. Variasi dalam kecepatan potong, kondisi pahat, metode penjepitan, dan keterampilan operator dapat memengaruhi kualitas lubang maupun ketepatan ulir.

Keterbatasan Proses Manual

Metode manual pada drill dan tap memiliki keunggulan dalam fleksibilitas pengerjaan, namun juga memiliki keterbatasan. Proses manual lebih rentan terhadap variasi hasil karena bergantung pada keterampilan operator. Selain itu, beban kerja fisik meningkat ketika lubang yang dikerjakan banyak atau perlu ketelitian tinggi. Kondisi ini dapat menimbulkan potensi defect seperti ulir tidak sempurna, posisi lubang tidak presisi, atau kerusakan pahat akibat tekanan yang tidak stabil. Dalam konteks produksi massal, proses manual sering menjadi penyebab waktu produksi lebih panjang dan variasi kualitas yang sulit dikendalikan.

Otomatisasi Mesin Dalam Machining

Otomatisasi dalam machining bertujuan meningkatkan konsistensi kualitas, mengurangi variasi proses, dan mempercepat waktu siklus. Mesin otomatis, seperti CNC atau mesin tapping otomatis, bekerja dengan parameter yang terkontrol sehingga menghasilkan kualitas lubang yang lebih stabil. Penerapan otomatisasi juga dapat mengurangi beban kerja operator dan meminimalkan potensi human error. Dalam banyak studi, otomatisasi terbukti efektif menurunkan waktu non-value added dan mengoptimalkan penggunaan mesin dalam lini produksi.

Efisiensi Proses Produksi

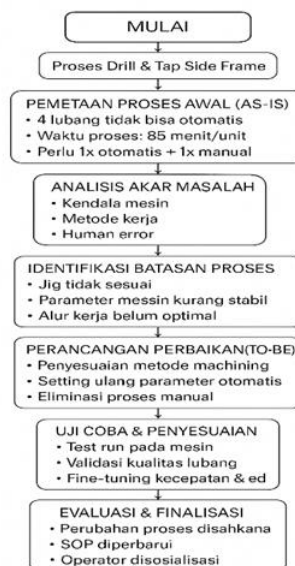
Efisiensi produksi dapat dilihat dari kemampuan proses untuk menghasilkan output sesuai standar dalam waktu yang lebih singkat dan dengan penggunaan sumber daya yang lebih kecil. Waktu siklus (cycle time) menjadi salah satu indikator utama yang digunakan untuk menilai efisiensi. Penurunan waktu proses tanpa mengurangi kualitas menunjukkan bahwa proses berjalan lebih efektif. Penerapan teknologi, perbaikan alur kerja, dan pengurangan aktivitas manual merupakan strategi yang umum digunakan untuk mencapai efisiensi tersebut.

Peningkatan Kualitas Melalui Perbaikan Proses

Perbaikan proses (process improvement) bertujuan meningkatkan kualitas dan konsistensi hasil. Dalam proses drilling dan tapping, kualitas lubang dan ulir sangat dipengaruhi oleh stabilitas parameter kerja. Perbaikan melalui otomatisasi dapat memberikan kontrol yang lebih baik terhadap akurasi posisi, kecepatan pahat, dan kedalaman pemotongan. Hal ini berdampak langsung pada pengurangan variasi hasil, penurunan risiko rework, serta peningkatan kemampuan mesin dalam memenuhi standar kualitas.

METODE PENELITIAN

Objek penelitian ini berfokus pada proses machining drill dan tap empat lubang pada side frame tipe 110 dan 138. Penelitian dilakukan di area machining pada salah satu perusahaan manufaktur komponen alat berat. Fokus utama penelitian adalah membandingkan kondisi awal proses yang masih memerlukan kombinasi pengerjaan otomatis dan manual dengan proses setelah dilakukan penyesuaian agar seluruh lubang dapat dikerjakan secara penuh menggunakan mesin otomatis. Penelitian ini menggunakan pendekatan studi kasus (case study approach) karena proses yang diamati memiliki karakteristik spesifik pada satu lini produksi. Pendekatan ini dipilih untuk melihat secara langsung masalah yang muncul pada metode awal, mengidentifikasi kendala teknis yang menyebabkan empat lubang tidak dapat diproses secara otomatis, serta mengevaluasi perubahan yang terjadi setelah perbaikan proses diterapkan. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, pengukuran waktu siklus, dan diskusi dengan operator sebagai pelaksana utama proses. Metode deskriptif-analitis digunakan untuk menggambarkan kondisi aktual, membandingkan perubahan waktu proses sebelum dan sesudah perbaikan, serta menilai dampaknya terhadap efisiensi produksi. Analisis akar penyebab dilakukan menggunakan fishbone diagram untuk meninjau faktor mesin, metode kerja, dan faktor manusia yang berpotensi memengaruhi keterbatasan proses awal. Alur penelitian dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 1 Flowchart Proses Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Plan

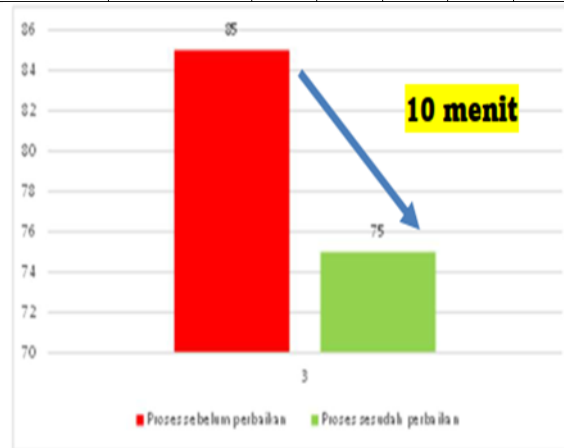
Menentukan Tema

Proses menentukan tema yaitu dengan, mengumpulkan data matrix evaluasi prioritas proyek seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 dan Gambar 1. Pada Tabel 1 Terdapat informasi detail kriteria Area Dampak, Efisiensi Pelaksanaan, Manfaat Finansial, Potensi Sukses, dan

Kemudahan Implementasi, yang umum digunakan dalam metodologi pengambilan keputusan multi-kriteria pada penelitian manajemen proyek teknik.

Tabel 1. Detail Evaluasi Prioritas Proyek

No	Usulan Project	Area Kerja/Departemen/Divisi	Kriteria Pemilihan Project					Score
			Customer Satisfaction	High Impact Efficiency Improvement	Financial Benefit	Success Probability	Easy to Implement Simplicity / No Dependency	
1	Optimalisasi proses machining	Fabrikasi for excavator	9	9	9	9	9	51
2	Perbaikan dan perubahan SOP	Fabrikasi for excavator	8	8	7	8	7	45
3	Pembuatan standardise baru	Fabrikasi for excavator	8	8	8	7	9	47
4	Pengurangan waktu proses pengerjaan	Fabrikasi for excavator	8	9	8	9	7	49
5								0
6								0
7								0
8								0
9								0
10								0



Gambar 2. Waktu Proses Aktual Rata-Rata

Pada Tabel 1 Berdasarkan data pada tabel, kita dapat melihat distribusi skor penambahan drill dan tap 4 lubang dimesin manual sebelum perbaikan dan sesudah perbaikan: Optimalisasi Proses Machining (Skor: 51) dikategorikan sebagai High-Value Target karena memiliki nilai tinggi pada dampak (9) dan probabilitas keberhasilan (9), meskipun memiliki biaya implementasi yang moderat (6). Pengurangan Waktu Proses Pengerjaan (Skor: 49): Merupakan prioritas kedua yang berfokus pada Lead Time Reduction untuk meningkatkan kapasitas produksi. Pembuatan Standardise Baru (Skor: 47) & Perbaikan SOP (Skor: 45): Proyek-proyek ini bersifat administratif-struktural yang mendukung stabilitas proses jangka panjang. Berarti dapat disimpulkan masalah yang terjadi pada penambahan drill dan tap 4 lubang dimesin secara manual lebih tinggi sebelum perbaikan dan memakan waktu lebih lama yaitu 85 menit sebelum perbaikan dan 75 menit setelah perbaikan dengan begitu gap waktunya Adalah 10 menit.

Analisa Kondisi

Setelah dilakukan proses identifikasi masalah dan diketahui masalahnya selanjutnya dilakukan proses analisa kondisi yang ada yaitu dengan cara meninjau langsung ke area yang akan di analisa. Proses dilakukan dengan pengambilan data berupa flow process produksi dan cycle time dan kemudian dilakukan pengolahan data serta dilakukan analisa permasalahan.

Kondisi Awal Proses (AS-IS)



Gambar 3. Kondisi Sebelum Perbaikan

Pengamatan awal menunjukkan bahwa proses machining pada side frame tipe 110 dan

138 belum sepenuhnya berjalan otomatis. Dari total lubang yang harus diproses, terdapat empat lubang yang tidak dapat dikerjakan oleh mesin otomatis karena keterbatasan posisi jig dan parameter mesin yang kurang sesuai. Akibatnya, operator harus melakukan dua tahap pengerjaan, yaitu satu kali proses otomatis, kemudian dilanjutkan pengerjaan manual untuk menyelesaikan empat lubang tersebut.

Kondisi ini membuat alur produksi menjadi lebih panjang dan tidak stabil. Waktu proses aktual rata-rata 85 menit per unit, dan variasi kualitas cukup tinggi terutama pada bagian ulir. Beberapa temuan yang muncul pada proses awal antara lain:

- kecepatan pahat tidak stabil saat pengerjaan manual,
- posisi lubang sedikit berubah karena metode clamping manual,
- operator cenderung cepat lelah saat pengerjaan repetitif,
- hasil ulir tidak selalu konsisten karena tekanan saat tapping berbeda-beda.

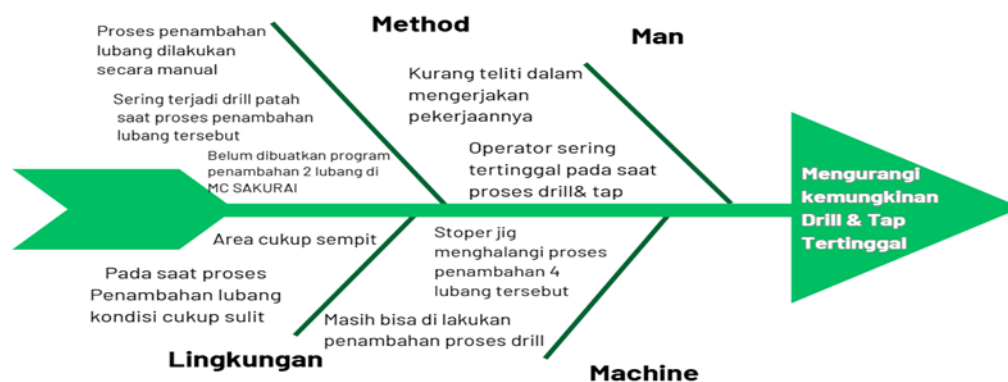
Data ini menegaskan bahwa proses existing belum efisien dan memiliki variasi yang sulit dikendalikan.

Analisis Akar Masalah

Analisis dilakukan menggunakan Fishbone Diagram dan 5 Why untuk memetakan penyebab utama.

4a. FAKTOR ANALISA – 5WHY		HITACHI
WHY	PERTANYAAN	JAWABAN
1W	Kenapa proses penambahan 4 lubang drill dan tap dapat tertinggal	Karena operator melakukan penambahan 4 lubang drill dan tap secara manual pada mesin radial drill
2W	Mengapa operator melakukan proses secara manual?	Karena belum ada program untuk penambahan 4 lubang drill dan tap tersebut dimesin sakuray
3W	Mengapa belum ada program pada mesin sakuray ?	Karena terdapat bagian yang terhalang oleh stoper jig yang dapat menghalangi jalannya program
4W	Mengapa terdapat bagian yang terhalang oleh stoper?	Karena jig stoper tersebut sudah ditetapkan sejak awal dimasa lalu
5W	Mengapa sekarang masih menggunakan posisi jig stoper terdahulu?	Karena belum pernah dilakukan review terhadap kondisi posisi jig stoper sekarang

Gambar 4. Analisa 5 Why



Gambar 5. Analisa Fishbone Diagram

Perancangan Perbaikan (TO-BE)

Solusi yang dirancang berfokus pada menghilangkan pengerjaan manual sepenuhnya dan memastikan empat lubang dapat diproses otomatis. Langkah perbaikan utama meliputi:

1. Perbaiki metode machining dengan mengubah urutan proses dan penempatan pahat.
2. Penyetelan ulang parameter otomatis, terutama pada bagian kecepatan tapping, kedalaman pemotongan, dan feed rate.
3. Pembuatan ulang jig agar benda kerja bisa diposisikan pada sudut yang sesuai sehingga keempat lubang bisa dijangkau mesin tanpa interferensi.

Sebelum diterapkan, rancangan diuji secara bertahap untuk memastikan tidak mengganggu stabilitas proses lainnya.

Do

Hasil Uji Coba dan Penyesuaian



Gambar 6. Perbedaan Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Uji coba dilakukan menggunakan mesin dalam kondisi aktual produksi. Beberapa penyesuaian yang dilakukan selama proses uji coba antara lain:

- fine-tuning kecepatan tap untuk mencegah ulir patah,
- pengaturan ulang titik referensi mesin agar posisi lubang sesuai,
- penyesuaian feed pada proses drilling untuk mengurangi getaran.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa keempat lubang dapat diproses sepenuhnya otomatis tanpa perlu pengerjaan manual tambahan. Selain itu, tidak ditemukan cacat seperti ulir rusak atau posisi lubang meleset selama trial.

Check

Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Tabel berikut merangkum perbedaan kondisi proses sebelum dan sesudah perbaikan.

PARAMETER	SEBELUM PERBAIKAN	SESUDAH PERBAIKAN
Waktu Proses	85 Menit/unit	75 Menit/unit
Kualitas Barang	Perlu <i>Rework</i>	Sesuai Standar
Metode	Otomatis dan Manual	100% Otomatis
Beban Kerja Operator	Tinggi	Berkurang Signifikan
Konsistensi Hasil	Tidak Stabil	Konsisten

Dari hasil di atas, terlihat bahwa perbaikan tidak hanya memangkas waktu proses sebesar 10 menit/unit, tetapi juga meningkatkan stabilitas kualitas hasil.

Action

Standarisasi

Hasil perbaikan menunjukkan bahwa secara teknis, masalah utama memang terletak pada kombinasi jig, pengaturan parameter, dan metode kerja. Setelah ketiga faktor tersebut diperbaiki dan ditetapkan dalam bentuk standardise, seluruh proses dapat berjalan otomatis secara stabil tanpa hambatan. Standardisasi dilakukan untuk memastikan proses yang telah

diperbaiki dapat diterapkan secara konsisten dan berkelanjutan. Penerapan standardise yang baru meliputi pembuatan one point sheet sebagai prosedur baru untuk proses setting jig dan penggunaan program mesin yang telah diperbarui. Selain itu, dilakukan uji coba program baru guna memastikan tidak terjadi kesalahan selama proses produksi dan untuk memverifikasi kestabilan hasil sebelum diterapkan secara penuh. Tahap berikutnya adalah sosialisasi kepada operator terkait perubahan prosedur proses, sehingga seluruh operator memahami urutan kerja, parameter, serta potensi risiko yang harus dihindari. Peningkatan efisiensi sebesar 10 menit per unit memberikan dampak langsung terhadap output harian. Jika sebelumnya hanya dapat memproduksi sekitar 8 unit per hari, setelah perbaikan dan penerapan standardise, kapasitas produksi meningkat akibat berkurangnya waktu set-up ulang dan dihilangkannya proses manual. Dari sisi operator, beban kerja fisik menjadi lebih ringan karena langkah kerja telah distandarkan, sehingga potensi terjadinya human error dan kelelahan dapat ditekan. Selain itu, penerapan standardise juga berdampak pada kualitas ulir yang lebih stabil dan konsisten dibandingkan kondisi awal. Secara keseluruhan, hasil menunjukkan bahwa optimalisasi proses otomatis yang diikuti dengan standardisasi memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi waktu, konsistensi kualitas, serta kelancaran alur produksi. Perbaikan yang dilakukan bersifat berkelanjutan karena tidak menambah beban kerja operator dan justru menyederhanakan alur kerja, sehingga mudah dipertahankan dalam jangka panjang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan penerapan perbaikan pada proses machining side frame tipe 110 dan 138, dapat disimpulkan bahwa permasalahan utama berasal dari keterbatasan jig, parameter mesin yang belum optimal, serta adanya tahapan manual yang membuat alur kerja menjadi lebih lama dan tidak stabil. Perbaikan yang dilakukan melalui penyetelan ulang parameter, perubahan metode proses, dan penyesuaian jig berhasil menghilangkan pengerjaan manual untuk empat lubang yang sebelumnya tidak dapat diproses otomatis. Setelah perbaikan diterapkan, waktu proses turun dari 85 menit menjadi 75 menit per unit dan kualitas hasil machining menjadi lebih konsisten tanpa terjadi cacat ulir. Secara umum, optimalisasi proses ini memberikan peningkatan efisiensi, mengurangi beban kerja operator, serta membuat alur produksi lebih stabil dan mudah dikendalikan.

Saran

Perbaikan yang telah dilakukan perlu dijaga keberlanjutannya melalui evaluasi parameter mesin secara berkala, perawatan dan pengecekan kondisi jig, serta peningkatan pemahaman operator melalui pelatihan singkat. Selain itu, uji coba tetap diperlukan apabila terjadi perubahan model atau material produk. Seluruh hasil perbaikan dan pengaturan proses perlu didokumentasikan dan dibakukan sebagai standar prosedur agar kualitas dan konsistensi proses dapat dipertahankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Paraswati, A. D., & Pujiyanto, W. E. (2024). Workload To Individual Performance: Mediation Effect Of Burnout And Moderation Effect Of Psychological Capital. *JESYA (Jurnal Ekonomi & Ekonomi Syaria)*, 7(1), 275–290. <https://doi.org/10.36778/jesya.v7i1.1469>
- Simanjuntak, R. A. (2010). Analisis Beban Kerja Mental Dengan Metoda NASA-Task Load Index. *Jurnal Teknologi Technoscientia*, 3(1), 78–86.
- Situmorang, B. B., Maulia, I. R., Raya, C. S., & Sukma, V. A. (2024). Pengaruh Beban Kerja dan Sistem Penghargaan Terhadap Kinerja Pegawai. *PPIMAN: Pusat Publikasi Ilmu Manajemen*, 2(1), 92–108. <https://doi.org/10.59603/ppiman.v2i1.280>
- Sulistiana, C., & Purwanto, A. (2025). The Impact of Shift Work Systems and Workload on Employee Productivity (Pengaruh Sistem Kerja Shift dan Beban Kerja Terhadap Produktivitas Karyawan). *International Journal of Social, Policy and Law (IJOSPL)*, 6(3), 30–36.

- Zetli, S. (2019). Hubungan Beban Kerja Mental Terhadap Stres Kerja Pada Tenaga Kependidikan Di Kota Batam. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 4(2), 63
- Aditama, R. (2019). *Dasar-Dasar Proses Permesinan*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Ginting, A. (2020). *Teknik Pemesinan Industri*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Groover, M. P. (2016). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. New Jersey: Wiley.
- Krar, S., & Gill, A. (2018). *Machine Tool Technology Basics*. New York: McGraw-Hill.
- Kurniawan, D., & Prasetyo, A. (2021). Analisis Efisiensi Proses Machining pada Komponen Struktur Mesin. *Jurnal Teknologi dan Manufaktur*, 12(3), 145–154.
- Latif, R., & Mahfud, H. (2020). Penerapan Otomatisasi untuk Meningkatkan Produktivitas di Industri Manufaktur. *Jurnal Sistem Industri*, 8(2), 67–74.
- Michalos, G., Makris, S., & Chryssolouris, G. (2018). Automation and Human Factors in Machining Processes. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 22, 1–12.
- Purnomo, A. (2022). Evaluasi Waktu Siklus dan Peningkatan Efisiensi Proses Drilling pada Produk Komponen Baja. *Jurnal Rekayasa Produksi*, 5(1), 23–31.
- Salim, F. (2021). Optimasi Proses Drill dan Tap pada Struktur Baja dengan Metode Continuous Improvement. *Jurnal Teknik Mesin Nusantara*, 9(4), 302–310.
- Sularso, & Suga, K. (2015). *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sutanto, B., & Hidayat, D. (2020). Pengaruh Setting Parameter Machining terhadap Kualitas Ulir pada Material Cast Steel. *Jurnal Teknik Mesin*, 11(2), 98–107.
- Widodo, C. (2019). Studi Kasus Penerapan Fishbone Diagram untuk Mengidentifikasi Akar Masalah di Proses Produksi. *Jurnal Manajemen Industri*, 4(2), 77–85.