

Pengaruh Ketebalan Plat Terhadap Daya Roling Pada Proses Electrical: Tinjauan Komparatif Berbasis Studi Eksperimen Terdahulu

Miolita Putri Cahyani¹, Husnan Rizky Ramadhan², Wahyu Tafrikhan³, Bagas Enggar Setyaji⁴, Sri Hastuti⁵

^{1, 2, 3, 4, 5} Fakultas Teknik, S1 Teknik Mesin Universitas Tidar, Jl. Kapten Suparman 39
Potrobangsari, Magelang Utara, Jawa Tengah 56116

^{3*} wahyutafrikhan32@gmail.com/ hastutisrimasin@untidar.ac.id

Keywords: *Electric Slip Roll, Rolling Power, Machine Rotation, ANFIS, Plate Thickness.*

Abstract

The rolling process is a crucial stage in sheet metal manufacturing to achieve specific dimensions and mechanical properties. This study aims to synthesize the influence of operational parameters—through a comparative narrative review of three previous experimental studies—on rolling power, profile quality, and metal formability. The primary focus of the review includes the use of Electric Slip Roll (ESR) machines, variations in machine rotation, and the prediction of thickness reduction based on intelligent systems. The research method was conducted by cross-disciplinary analysis of quantitative data from three reference journals covering electrical, mechanical, and computational aspects. The results of the review show a positive linear correlation between plate thickness and drive motor power consumption, where the torque load increases along with the material's deformation resistance. For thin plates (1 mm), the stability of rotational speed (RPM) was found to be the determining factor in minimizing springback effects and maintaining profile accuracy. Furthermore, the use of the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) is proven to provide high accuracy in predicting the critical deformation limits in cold rolling. The conclusion of this research confirms that the integration of physical machine parameters and digital predictive modeling is essential to optimize production efficiency and minimize material failure in electric rolling processes.

Kata kunci: *Electric Slip Roll, Daya Pengerolan, Putaran Mesin, ANFIS, Ketebalan Plat.*

Abstrak

Proses pengerolan (*rolling*) merupakan tahap krusial dalam manufaktur lembaran logam untuk mencapai dimensi dan sifat mekanik yang spesifik. Penelitian ini bertujuan untuk menyintesis pengaruh parameter operasional—melalui tinjauan komparatif naratif terhadap tiga studi eksperimen terdahulu—terhadap daya pengerolan, kualitas profil, dan kemampuan bentuk logam. Fokus utama tinjauan mencakup penggunaan mesin *Electric Slip Roll* (ESR), variasi putaran mesin, dan prediksi reduksi ketebalan berbasis sistem cerdas. Metode penelitian dilakukan dengan menganalisis secara lintas disiplin data kuantitatif dari tiga jurnal referensi yang mencakup aspek elektrik, mekanik, dan komputasi. Hasil tinjauan menunjukkan adanya korelasi linear positif antara ketebalan plat dengan konsumsi daya motor penggerak, di mana beban torsi meningkat seiring hambatan deformasi material. Pada plat tipis (1 mm), stabilitas kecepatan putaran (RPM) ditemukan sebagai faktor penentu dalam meminimalisir efek *springback* dan menjaga akurasi profil. Lebih

lanjut, penggunaan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) terbukti memberikan akurasi tinggi dalam memprediksi batas kritis deformasi pada pengerolan dingin. Simpulan dari penelitian ini menegaskan bahwa integrasi antara parameter fisik mesin dan pemodelan prediktif digital sangat diperlukan untuk mengoptimalkan efisiensi produksi dan meminimalisir kegagalan material pada proses pengerolan elektrik.

PENDAHULUAN

Lembaran logam adalah material fundamental dalam berbagai industri, dari otomotif hingga konstruksi, karena fleksibilitas dan kekuatan yang ditawarkannya. Proses pembentukan lembaran logam, terutama *rolling*, sangat penting untuk mencapai dimensi dan sifat mekanik yang diinginkan. Optimasi proses *rolling* terus menjadi fokus penelitian untuk meningkatkan efisiensi, kualitas produk, dan meminimalkan cacat.

Electric Slip Roll (ESR) muncul sebagai metode *rolling* yang menjanjikan, terutama untuk aplikasi yang memerlukan presisi tinggi. Studi pertama, menyelidiki bagaimana ketebalan plat mempengaruhi daya yang dibutuhkan dalam proses ESR. Temuan ini sangat penting untuk menentukan parameter proses optimal untuk berbagai ketebalan plat (Mesin et al., 2023).

Selain itu, variasi putaran mesin *roll* memainkan peran penting dalam menentukan hasil *rolling*. Dalam studi kedua, pengaruh variasi putaran mesin *roll* terhadap karakteristik produk dianalisis, khususnya untuk plat profil 1 mm. Penelitian ini memberikan wawasan tentang hubungan antara parameter proses dan kualitas produk, termasuk dimensi, kekasaran permukaan, dan kekuatan mekanik (Firmansyah & Basyir, 2017).

Pengurangan ketebalan melalui *cold rolling* juga merupakan area penelitian penting. Studi ketiga, meneliti bagaimana pengurangan ketebalan mempengaruhi kemampuan pembentukan lembaran logam, menggunakan *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS). Penelitian ini menawarkan pendekatan inovatif untuk memprediksi dan mengoptimalkan kemampuan pembentukan lembaran logam berdasarkan parameter *cold rolling* (Xie et al., 2022).

Penelitian tentang proses *rolling* telah maju secara signifikan dengan penggunaan metode numerik dan eksperimen. Simulasi *Finite Element Method* (FEM) banyak digunakan untuk memprediksi distribusi tegangan dan deformasi selama *rolling* (Claudia et al., 2021). Selain itu, teknik optimasi seperti *Genetic Algorithm* (GA) dan *Particle Swarm Optimization* (PSO) semakin banyak digunakan untuk mengidentifikasi parameter proses optimal (Juliardi, 2017). Teknik-teknik ini memungkinkan para peneliti untuk menyempurnakan proses *rolling* untuk aplikasi tertentu, meningkatkan kualitas produk dan efisiensi.

Meskipun ada kemajuan yang signifikan, beberapa *research gap* masih ada. Pertama, pemahaman komprehensif tentang interaksi antara parameter proses *rolling* (ketebalan plat, kecepatan *roll*, pengurangan ketebalan) dan sifat material (kekuatan, daktilitas) masih kurang. Kedua, pengembangan model prediktif yang akurat dan efisien untuk kualitas produk *rolling* tetap menjadi tantangan. Ketiga, penerapan metode *intelligent manufacturing*, seperti *machine learning* dan *artificial intelligence*, dalam optimasi proses *rolling* masih kurang dieksplorasi.

METODE

Penelitian ini tidak bersifat eksperimen orisinal maupun tinjauan literatur sistematis, melainkan sebuah tinjauan naratif komparatif terhadap tiga studi eksperimen yang telah dipublikasikan sebelumnya. Pemilihan ketiga studi tersebut didasarkan pada ketersediaan data kuantitatif mengenai parameter pengerolan, khususnya hubungan antara ketebalan material, parameter operasional mesin (kecepatan putar), dan respons mekanis berupa kebutuhan daya atau kemampuan deformasi. Pendekatan ini bertujuan untuk menyatukan data dari berbagai sudut pandang (elektrikal, mekanikal, dan komputasi) guna menyimpulkan pengaruh ketebalan plat terhadap daya pengerolan pada sistem elektrik.

1. Analisis pada studi pertama berfokus pada pendekatan eksperimental langsung untuk mengoreksi hubungan antara ketebalan plat terhadap konsumsi daya listrik pada mesin *Electric Slip Roll*. Prosedur dilakukan dengan menyiapkan spesimen plat logam dengan variasi ketebalan yang berbeda untuk dilewatkan pada rol penekan yang digerakkan oleh motor listrik. Selama proses pengerolan berlangsung, dilakukan pengukuran parameter elektrik secara *real-time* yang meliputi kuat arus (Ampere) dan tegangan (Volt) menggunakan instrumen pengukur listrik. Data tersebut kemudian diolah untuk mendapatkan nilai daya operasional (Watt) pada setiap tingkatan ketebalan. Eksperimen ini menjadi data primer dalam tinjauan ini untuk membuktikan hipotesis bahwa peningkatan ketebalan plat berbanding lurus dengan peningkatan beban kerja motor listrik pada sistem *slip roll*. (Faridha, 2024).
2. Studi kedua menyediakan data komparatif mengenai pengaruh parameter dinamis mesin, yaitu variasi kecepatan putaran (RPM), terhadap hasil pengerolan pada plat dengan ketebalan spesifik 1 mm. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan mengubah-ubah kecepatan putar motor penggerak untuk melihat kestabilan pembentukan profil plat. Meskipun fokus utama jurnal ini adalah kualitas profil, data mengenai putaran mesin ini sangat krusial untuk disatukan dengan variabel daya; sebab secara mekanis, daya adalah hasil perkalian antara torsi (yang dipengaruhi ketebalan) dan kecepatan sudut (putaran). Dengan membandingkan hasil dari studi ini, tinjauan dapat menganalisis apakah kecepatan putar yang tinggi dapat mengompensasi beban daya pada plat yang lebih tebal atau justru memperburuk deformasi material (Firmansyah & Basyir, 2017).
3. Studi ketiga memberikan dimensi analisis berbeda melalui penggunaan metode *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* (ANFIS) untuk mengevaluasi pengaruh pengurangan ketebalan pada proses penggulangan dingin (*cold rolling*). Prosedur dalam literatur ini melibatkan pengumpulan data historis dan eksperimen mengenai reduksi ketebalan lembaran logam, yang kemudian digunakan untuk melatih algoritma cerdas dalam memprediksi kemampuan bentuk (*formability*). Data dari pendekatan komputasi ini digunakan dalam penelitian ini untuk memvalidasi data eksperimen dari dua studi sebelumnya. Melalui hasil prediksi ANFIS, dapat diidentifikasi batas kritis ketebalan di mana daya mesin pengerol tidak lagi mampu menghasilkan deformasi plastis yang seragam, sehingga memberikan landasan teoritis yang lebih kuat pada aspek teknis pengerolan elektrik (Claudia et al., 2021).

Data dari ketiga studi tersebut dikumpulkan, dan dianalisis secara lintas disiplin untuk menyatukan variabel ketebalan, kecepatan, dan daya. Proses perbandingan dilakukan dengan menyelaraskan hasil pengukuran arus listrik dari studi pertama dengan analisis kecepatan putar dari studi kedua, serta divalidasi dengan model prediksi dari studi ketiga. Pendekatan naratif komparatif ini memungkinkan identifikasi mekanisme peningkatan kebutuhan daya yang tidak hanya dipengaruhi oleh hambatan mekanis akibat ketebalan material, tetapi juga dipengaruhi oleh efisiensi sistem penggerak elektrik pada kondisi beban variabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil penelitian dari tiga jurnal referensi, terdapat kesamaan bahwa parameter operasional seperti ketebalan plat, kecepatan putaran rol, dan reduksi ketebalan berdampak besar pada kualitas hasil pengerolan, meskipun fokus analisisnya berbeda.

Pada Jurnal 1, ditemukan bahwa peningkatan ketebalan plat berbanding lurus dengan kebutuhan daya motor. Kebutuhan daya (P) pada mesin electric slip roll dipengaruhi oleh torsi (T) dan kecepatan sudut (ω), yang dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = T \times \omega \quad (1)$$

Di mana T meningkat seiring dengan bertambahnya hambatan deformasi dari plat yang lebih tebal. Hal ini membuktikan bahwa semakin tebal plat, energi yang diserap motor semakin besar untuk mencapai deformasi plastik yang diinginkan.

Pada Jurnal 2, analisis variasi putaran pada plat 1 mm menunjukkan bahwa kecepatan linier rol (v) harus dijaga agar stabil. Hubungan antara putaran mesin (n dalam RPM) dengan kecepatan pengerolan adalah:

$$v = \frac{\pi \times D \times n}{60} \quad (2)$$

(di mana D adalah diameter rol). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi RPM yang tidak tepat pada plat tipis dapat menyebabkan ketidakakuratan profil karena adanya gaya balik (springback) yang tidak merata selama proses pembentukan.

Sementara itu, Jurnal 3 memberikan pendekatan berbeda melalui penggunaan ANFIS untuk memprediksi kemampuan bentuk logam akibat pengurangan ketebalan (t). Hubungan reduksi ketebalan (r) dinyatakan dalam:

$$r = \frac{t_0 - t_f}{t_0} \times 100\% \quad (3)$$

Penggunaan ANFIS memungkinkan pemodelan non-linier yang akurat untuk melihat batas kemampuan bentuk logam sebelum mengalami kegagalan. Secara umum, optimalisasi variabel daya, kecepatan putaran, dan prediksi reduksi cenderung meningkatkan kualitas produk akhir, meskipun hasil akhir sangat bergantung pada jenis material dan spesifikasi mesin. Data perbandingan disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Data hasil perbandingan percobaan pengerolan

Jenis Penelitian / Jurnal	Variabel Proses	Mekanisme / Parameter yang Diamati	Hasil pada Kualitas dan Performa
Analisa Ketebalan Plat (Jurnal 1)	Variasi ketebalan plat pada <i>Electric Slip Roll</i>	Analisis korelasi Torsi (T) dan Daya (P).	Ketebalan plat berbanding lurus dengan beban daya motor penggerak.
Variasi Putaran Mesin (Jurnal 2)	Kecepatan putaran (n) pada plat profil 1 mm	Stabilitas pembentukan profil berdasarkan kecepatan linier (v).	RPM yang tepat menjaga presisi dimensi profil dan mencegah cacat bentuk.
Pengaruh Reduksi Ketebalan (Jurnal 3)	Pengurangan ketebalan (r) pada pengerolan dingin	Pemodelan kemampuan bentuk menggunakan algoritma ANFIS.	Prediksi akurat mengenai batas deformasi untuk menghindari retak pada logam.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil tinjauan komparatif terhadap tiga jurnal mengenai proses pengerolan plat, dapat disimpulkan bahwa optimasi parameter mesin dan material merupakan faktor kunci dalam keberhasilan proses pembentukan. Secara spesifik, poin-poin utama yang ditemukan adalah sebagai berikut:

- Hubungan Daya dan Ketebalan:** Kebutuhan daya pada mesin *electric slip roll* berbanding lurus dengan ketebalan plat yang dikerjakan. Peningkatan ketebalan meningkatkan beban torsi pada motor penggerak, sehingga kapasitas daya mesin harus disesuaikan dengan tegangan lulur material untuk mencegah kegagalan operasi.

2. **Peran Kecepatan Putaran:** Variasi putaran mesin (RPM) memiliki dampak langsung terhadap kualitas visual dan akurasi dimensi, terutama pada plat tipis (1 mm). Putaran yang stabil sangat diperlukan untuk meminimalisir efek *springback* dan memastikan profil yang terbentuk sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.
3. **Efektivitas Prediksi Digital:** Penggunaan metode komputasi cerdas seperti ANFIS terbukti efektif dalam memprediksi kemampuan bentuk logam akibat reduksi ketebalan. Hal ini memberikan solusi yang lebih akurat dibandingkan perhitungan manual dalam menentukan batas deformasi material sebelum terjadi kegagalan atau keretakan pada pengerolan dingin.

Secara umum, integrasi antara pemahaman karakteristik mekanik (daya dan putaran) dengan metode prediksi digital (ANFIS) dapat menjadi landasan dalam meningkatkan efisiensi proses produksi dan kualitas produk pengerolan plat di industri manufaktur.

REFERENSI

- Claudia, A., Jes, D., Ramos-azpeitia, M. O., & Hern, L. (2021). *3D-FEM Simulation of Hot Rolling Process and Characterization of the Resultant Microstructure of a Light-Weight Mn Steel*.
- Faridha, M. (2024). *Pemanfaatan Aplikasi Particle Swarm Optimization (PSO) untuk Pengaturan Pengurangan Beban Tenaga Listrik*. 8(2), 412–418.
- Firmansyah, M. R., & Basyir, A. (2017). *ANALISA VARIASI PUTARAN PADA MESIN ROLL PEMBENTUK PLAT PROFIL TERHADAP HASIL Pengerolan PLAT 1 MM*. 3(1), 40–46.
- Juliardi, Y. (2017). *ANALISA KETEBALAN PLAT TERHADAP DAYA ROLLING PADA PROSES ELECTRIC SLIP ROLL ANALYSIS OF PLATE THICKNESS ON ROLLING POWER IN*. 6(3), 601–611.
- Mesin, J. T., Industri, F. T., & Indonesia, U. I. (2023). *SIMULASI FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA) DAN FABRIKASI IMPLAN UNTUK PERBANDINGAN KINERJA IMPLAN KOVENSIONAL DAN CUSTOM CRUCIATE RETAINING (CR) UNTUK PENDERITA OSTEOARTHRITIS BERDASARKAN REKONSTRUKSI DATA MRI / CT SCAN*.
- Xie, Y. C., Wu, Y., Jalali, A., Zhou, H., & Khadimallah, A. (2022). *Pengaruh pengurangan ketebalan pada proses penggulangan dingin tentang kemampuan bentuk lembaran logam menggunakan ANFIS*. 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13694-0>