



Fabrikasi Kawat Baja Pagar Berduri Galvanis Diameter 3 mm Kapasitas 100 m/Jam

Muhammad Rizqi Distiawan¹, Syamsul Hadi^{2*}, Satria Dwi Wijaya³, Mohammad Arif Dzihni Salim⁴, Immanuel Joseph Isgiarno⁵, Rafi Chozy Asshofi⁶

¹⁻⁶Program Studi Diploma III, Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Program Studi Doktor Terapan, Optimasi Desain Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Email: m.rizqydistiawan@gmail.com, syamsul.hadi@polinema.ac.id, satriadwiwijaya7@gmail.com, arifdsmohammad@gmail.com, isgiarnojooseph@gmail.com, rafichozy5@gmail.com,

*Penulis Korespondensi: syampol2003@yahoo.com

Abstract. The vulnerability of security in various industrial, agricultural, and infrastructure sectors as well as areas that are not always under supervision is a problem faced. The purpose of fabrication is to obtain galvanized barbed wire fences with a diameter of 3 mm that is rust-resistant. The fabrication method includes: wire drawing through a die (die) from a diameter of 4 mm to 3 mm, passing the wire into molten Zinc at 450°C (hot dip galvanization) for 1 minute, making pieces of wire with sharp barbed ends of 40 mm and 70 mm long, inserting 1 piece of wire barb with a length of 40, and winding 1 piece of wire barb with a length of 70 mm around 3 pieces of wire body at every 15 cm distance of 3.8 turns, passing the barbed wire twist in molten Zinc for 1 minute, rolling the barbed wire, quality and dimension inspection. The fabrication results are in the form of 3 mm diameter galvanized barbed wire fences that are rust-resistant, the total production cost is IDR 11,500/m, and the production process duration is 36 seconds/m which implies that galvanized barbed wire fences can be used for protective fences in various industrial, agricultural, and infrastructure sectors and unsupervised areas.

Keywords: 3 mm Diameter Steel Wire; Barbed Wire; Fence; Galvanized; Wire Drawing.

Abstrak. Rawannya keamanan di berbagai lingkungan sektor industri, pertanian, dan infrastruktur serta area tidak selalu dalam pengawasan menjadi permasalahan yang dihadapi. Tujuan fabrikasi untuk memperoleh kawat baja pagar berduri galvanis diameter 3 mm yang tahan karat. Metode fabrikasi meliputi: penarikan kawat melalui cetakan (*die*) (*wire drawing*) dari diameter 4 mm menjadi 3 mm, pelaluan kawat ke dalam Seng cair pada 450°C (*hot dip galvanization*) selama 1 menit, pembuatan potongan kawat kedua ujung runcing berduri sepanjang 40 mm dan 70 mm, penyisipan 1 potongan duri kawat dengan panjang 40, dan pembelitan 1 potongan duri kawat dengan 70 mm melingkari 3 buah badan kawat pada setiap jarak 15 cm sejumlah 3,8 putaran, pelaluan pilinan kawat berduri dalam Seng cair selama 1 menit, penggulangan kawat berduri, pemeriksaan mutu dan dimensi. Hasil fabrikasi berupa kawat baja pagar berduri galvanis diameter 3 mm yang tahan karat, total biaya produksi Rp 11.500,-/m, dan durasi proses produksi 36 detik/m yang berimplikasi bahwa kawat baja pagar berduri galvanis dapat digunakan untuk pagar pelindung di berbagai lingkungan sektor industri, pertanian, dan infrastruktur dan area tidak terawasi.

Kata kunci: Galvanis; Kawat Baja Diameter 3 mm; Kawat Berduri; Pagar; Penarikan Kawat.

1. LATAR BELAKANG

Kawat baja berduri galvanis merupakan satu di antara bahan yang широко digunakan sebagai sistem pengamanan pada berbagai sektor untuk industri, pertanian, dan infrastruktur.

Bahan kawat baja dipilih untuk bahan kawat berduri karena memiliki kekuatan mekanik yang tinggi dan ketahanan terhadap korosi yang baik akibat proses pelapisan galvanis. Proses galvanisasi dengan pelapisan seng terbukti mampu melindungi baja dari pengaruh lingkungan, sehingga meningkatkan umur pakai bahan secara signifikan (Zhang, 2020) dan agar baja tahan korosi, maka kawat baja berduri harus dilakukan galvanisasi.

Dalam fabrikasi, pembuatan kawat berduri melibatkan beberapa tahapan yaitu *wire drawing*, galvanisasi, dan pembentukan duri. Proses *wire drawing* dilakukan untuk mengurangi diameter kawat dari diameter 4 mm hingga mencapai ukuran 3 mm, sekaligus meningkatkan kekuatan tarik bahan akibat deformasi plastis (Davis, 2018) yang menunjukkan bahwa proses *wire drawing* meningkatkan kekuatan mekanik kawat berduri melalui *strain hardening*. Selanjutnya, proses galvanisasi dilakukan untuk memberikan lapisan pelindung terhadap korosi. Tahapan terakhir adalah pembentukan duri menggunakan mesin khusus yang mampu memutar dan mengikat kawat utama dengan kawat duri secara kontinyu (Hadi, 2023) yang menunjukkan bahwa *wire drawing*, galvanisasi, dan pembentukan duri merupakan tahapan utama dalam fabrikasi kawat berduri galvanis diameter 3 mm.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan sistem keamanan, permintaan terhadap kawat berduri galvanis juga mengalami peningkatan yang menuntut industri untuk mampu memproduksi kawat berduri dengan kapasitas yang tinggi, namun tetap mempertahankan mutu produk. Satu di antara parameter penting dalam sistem produksi adalah kapasitas luaran yang dipengaruhi oleh kecepatan mesin, efisiensi proses, dan mutu bahan baku (Smith & Lee, 2019) yang menunjukkan bahwa pemilihan diameter 3 mm dan kapasitas 100 m/jam sesuai dengan tujuan fabrikasi kawat berduri galvanis yang efisien dan bermutu.

Pemilihan diameter kawat 3 mm didasarkan pada pertimbangan kekuatan dan fleksibilitas yang seimbang, sehingga cocok digunakan sebagai bahan dasar kawat berduri. Selain hal tersebut, kapasitas produksi 100 m/jam merupakan target yang realistis untuk skala industri menengah dan dapat memenuhi kebutuhan pasar secara efektif (Groover, 2020), namun dalam praktiknya, pencapaian kapasitas tersebut tidak terlepas dari berbagai kendala, untuk gesekan pada *dies* saat proses *wire drawing*, ketidakseimbangan mesin, dan variasi mutu bahan baku yang dapat mempengaruhi hasil produksi (Ahmad, 2023) yang memperkuat dasar pemilihan spesifikasi dan kapasitas produksi kawat berduri galvanis.

Mutu hasil galvanisasi sangat menentukan ketahanan kawat terhadap korosi. Ketebalan lapisan Seng yang tidak merata dapat menyebabkan penurunan mutu produk dan memperpendek umur pakai (Lee, 2020). Oleh karenanya, diperlukan pengendalian proses yang baik agar diperoleh hasil galvanisasi yang optimal.

2. KAJIAN TEORITIS

Kawat baja merupakan bahan yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki kekuatan tarik tinggi dan kemampuan deformasi yang baik. Sifat mekanik kawat baja sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia, proses pembentukan, dan perlakuan mekanis yang

diberikan. Proses deformasi plastis untuk penarikan kawat dapat meningkatkan kekuatan bahan melalui mekanisme strain hardening (Davis, 2018; Brown, 2018) yang menunjukkan bahwa proses *wire drawing* meningkatkan kekuatan mekanik kawat berduri galvanis melalui *strain hardening*.

Baja karbon rendah sering digunakan dalam pembuatan kawat karena memiliki sifat yang mudah dibentuk dan cukup kuat untuk aplikasi struktural ringan. Variasi dalam komposisi bahan baku dapat mempengaruhi kekuatan tarik, keuletan, dan ketahanan terhadap deformasi (Ahmad, 2023; Pauzi dkk., 2021) yang menunjukkan bahwa pemilihan baja karbon rendah mempengaruhi mutu dan kekuatan kawat berduri galvanis.

Wire drawing adalah proses pembentukan logam dengan cara menarik kawat melalui *dies* untuk mengurangi diameter sesuai spesifikasi yang diinginkan yang merupakan tahapan awal dalam fabrikasi kawat berduri karena menentukan dimensi dan sifat mekanik kawat (Kumar, 2021). *Wire drawing* adalah penarikan kawat melalui *dies* untuk mengurangi diameter dan menentukan sifat mekanik kawat berduri.

Parameter penting dalam proses penarikan kawat meliputi gaya tarik, kecepatan penarikan, sudut *dies*, dan sistem pelumasan. Gesekan yang tinggi antara kawat dan *dies* dapat menyebabkan cacat permukaan dan meningkatkan risiko kegagalan bahan (Chen, 2022). Oleh karenanya, diperlukan kontrol proses yang baik untuk menghasilkan kawat dengan mutu tinggi.

Galvanisasi merupakan proses pelapisan baja dengan Seng yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Metode yang paling umum digunakan adalah *hot-dip galvanizing*, yaitu dengan mencelupkan kawat ke dalam cairan Seng cair, sehingga terbentuk lapisan pelindung yang kuat (Anonim, 2017) yang mana jika permukaan baja pada kondisi kering dan panas pelapisan Seng menjadi cukup kuat.

Ketebalan lapisan galvanis menjadi faktor penting dalam menentukan mutu produk. Lapisan yang terlalu tipis mengurangi perlindungan terhadap korosi, sedangkan lapisan yang terlalu tebal dapat meningkatkan biaya produksi. Oleh karenanya, pengendalian temperatur dan waktu pencelupan sangat diperlukan untuk menghasilkan lapisan yang optimal (Zhang, 2020; Lee, 2020) dan untuk memiliki kekuatan mekanik yang tinggi dan tahan korosi kawat baja berduri harus dilakukan galvanisasi.

Proses pembentukan kawat berduri dilakukan dengan menggunakan mesin khusus yang mampu memutar kawat utama dan menambahkan kawat berduri secara berkala yang bekerja secara kontinyu, sehingga dapat menghasilkan kawat berduri dalam jumlah besar (Hadi, 2023). Proses pembuatan kawat berduri menggunakan mesin kontinyu untuk menghasilkan produksi massal.

Mutu kawat berduri dipengaruhi oleh jarak antar duri, kekuatan ikatan, dan konsistensi bentuk. Ketidaksesuaian parameter mesin dapat menyebabkan cacat produk untuk duri yang tidak simetris atau mudah lepas (Rizal, 2024). Mutu kawat berduri ditentukan oleh parameter mesin yang memengaruhi jarak duri, kekuatan ikatan, dan konsistensi bentuk.

Kapasitas produksi merupakan jumlah luaran yang dapat dihasilkan dalam periode waktu tertentu. Dalam industri manufaktur, kapasitas produksi dipengaruhi oleh kecepatan mesin, waktu siklus, efisiensi operator, dan tingkat *downtime* (Groover, 2020). Kapasitas produksi adalah jumlah luaran/waktu yang dipengaruhi oleh kecepatan mesin, waktu siklus, efisiensi operator, dan *downtime*.

Peningkatan kapasitas produksi harus dilakukan dengan mempertimbangkan mutu produk agar tidak terjadi penurunan mutu. Oleh karenanya, diperlukan keseimbangan antara kecepatan produksi dan pengendalian mutu (Nugroho, 2021). Peningkatan kapasitas produksi harus seimbang dengan pengendalian mutu agar mutu produk tetap terjaga.

Mutu produk kawat berduri dipengaruhi oleh berbagai faktor untuk bahan baku, *wire drawing*, galvanisasi, dan pembentukan duri. Ketidakkonsistenan dalam satu di antara tahapan proses dapat menyebabkan penurunan mutu produk secara keseluruhan (Rahman, 2023). Mutu kawat berduri ditentukan oleh konsistensi bahan baku dan setiap tahap proses produksi.

Pengendalian mutu dapat dilakukan melalui inspeksi visual, pengujian kekuatan tarik, dan pengukuran ketebalan lapisan galvanis. Selain hal tersebut, penerapan sistem kontrol otomatis dapat membantu meningkatkan konsistensi produk dan mengurangi kesalahan manusia (Pratama, 2022; Wibowo, 2022).

Optimasi produksi bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas tanpa mengorbankan mutu yang dapat dilakukan dengan mengatur parameter proses untuk kecepatan mesin, temperatur galvanisasi, dan sistem pelumasan pada *wire drawing* (Santoso, 2020). Kecepatan mesin, temperatur galvanisasi, dan sistem pelumasan pada *wire drawing* berdampak pada optimasi produksi.

Perawatan mesin secara berkala sangat penting untuk menjaga stabilitas produksi dan mengurangi *downtime*. Dengan optimasi yang tepat, kapasitas produksi dapat ditingkatkan sesuai target yang diinginkan (Putra, 2019; Permatasari, 2023).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian rekayasa (*engineering research*) menganalisis fabrikasi kawat berduri galvanis dengan diameter 3 mm dan kapasitas produksi 100 m/jam dan teknis produksi yang banyak digunakan dalam penelitian manufaktur untuk meningkatkan efisiensi dan mutu produk

(Groover, 2020; Wibowo, 2022). Hasil analisis fabrikasi kawat berduri sangat mempengaruhi efisiensi.

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis untuk memastikan hasil yang optimal meliputi: studi literatur terkait proses wire drawing, galvanisasi, dan produksi kawat (Davis, 2018), identifikasi spesifikasi produk berupa diameter kawat 3 mm dan target kapasitas produksi (Nugroho, 2021), desain proses fabrikasi berdasarkan sistem manufaktur yang efisien (Pratama, 2022), penentuan parameter produksi untuk kecepatan mesin dan temperatur galvanisasi (Lee, 2020), analisis kapasitas produksi berdasarkan parameter yang telah ditentukan (Santoso, 2020), dan evaluasi mutu produk berdasarkan hasil produksi (Rahman, 2023).

Fabrikasi kawat berduri terdiri dari beberapa tahapan utama yang saling berkaitan: wire drawing yang bertujuan untuk mengurangi diameter kawat hingga mencapai 3 mm dan meningkatkan kekuatan tarik bahan melalui deformasi plastis (Davis, 2018; Kumar, 2021), *galvanisasi (hot-dip)*, pelapisan seng untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi dengan metode pencelupan ke dalam Seng cair (Anonim, 2017; Zhang, 2020), dan (3) pembentukan kawat berduri yang dilakukan dengan mesin khusus yang memutar kawat utama dan membentuk duri secara berkala, sehingga menghasilkan produk kawat berduri (Hadi, 2023; Rizal, 2024) yang menunjukkan bahwa *wire drawing*, galvanisasi, dan pembentukan duri merupakan tahapan utama dalam fabrikasi kawat berduri galvanis diameter 3 mm.

Parameter produksi kawat berduri sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Produksi Kawat Berduri.

No.	Parameter	Simbol	Nilai
1	Diameter kawat	d	3 mm
2	Kapasitas target	Q	100 m/jam
3	Kecepatan mesin	N	150 rpm
4	temperatur galvanisasi	T	450°C
5	Bahan baku	-	Baja karbon rendah
6	Metode galvanisasi	-	<i>Hot-dip</i>

Perhitungan kapasitas produksi dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menghasilkan kawat berduri per satuan waktu. Secara umum, kapasitas produksi dapat dihitung menggunakan Rumus (1).

$$Q = v \times t$$

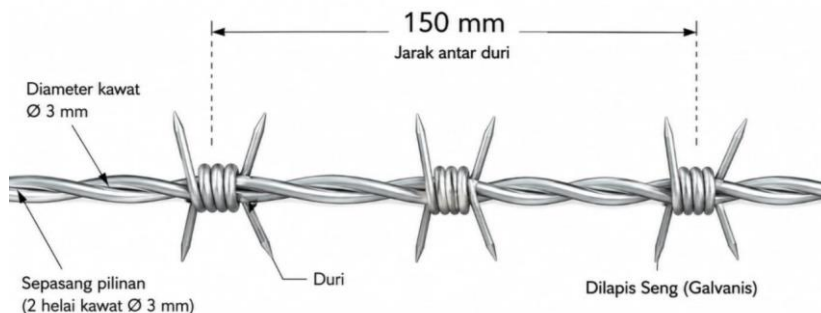
.....(i)

dengan: Q: kapasitas produksi (m/jam), v: kecepatan produksi (m/menit), dan t: waktu produksi (menit).

Analisis kapasitas penting untuk memastikan sistem produksi yang dapat memenuhi target yang ditetapkan (Groover, 2020; Santoso, 2020). Analisis kapasitas diperlukan untuk memastikan sistem produksi mampu memenuhi target.

Peralatan yang digunakan dalam fabrikasi kawat berduri diantaranya: mesin *wire drawing*, tungku galvanisasi, mesin pembentuk kawat berduri, dan alat ukur (mistar sorong, mikrometer). Penggunaan alat tersebut mengacu pada penelitian sebelumnya terkait sistem produksi kawat baja (Putra, 2019; Wibowo, 2022). Fabrikasi kawat berduri menggunakan mesin utama dan alat ukur sesuai penelitian sebelumnya.

Bahan yang digunakan dalam fabrikasi kawat berduri diantaranya: (1) Baja karbon rendah, dan Seng (Zn) untuk galvanisasi. Pemilihan bahan tersebut didasarkan pada sifat mekanik dan ketahanan terhadap korosi yang baik (Pauzi dkk., 2021; Ahmad, 2023). Kemurnian Seng dan kebersihan permukaan kawat baja dapat meningkatkan mutu produk.



Gambar 1. Kawat Berduri Galvanis.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil desain sistem fabrikasi kawat berduri galvanis terdiri dari tiga proses utama, yaitu *wire drawing*, galvanisasi, dan pembentukan duri. Ketiga proses tersebut disusun secara berurutan untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi diameter 3 mm, dipilin dari 2 helai kawat yang berdiameter sama yaitu 3 mm dengan 2 potong kawat berduri yang dipasang berjarak 150 mm antar duri yang dibelit oleh 2 helai kawat dengan kapasitas 100 m/jam.

Wire drawing dilakukan untuk menurunkan diameter kawat dari ukuran awal menjadi 3 mm dengan peningkatan kekuatan tarik akibat deformasi plastis (Davis, 2018; Kumar, 2021). Selanjutnya, proses galvanisasi dilakukan menggunakan metode *hot-dip* untuk meningkatkan ketahanan korosi (Anonim, 2017; Zhang, 2020). Tahap akhir adalah pembentukan duri menggunakan mesin pemutar otomatis yang menghasilkan struktur kawat berduri secara kontinu (Hadi, 2023; Rizal, 2024).

Kapasitas produksi dihitung berdasarkan kecepatan mesin dan waktu produksi dengan parameter yang telah ditentukan secara teoritis: kecepatan mesin = 150 *rpm*, panjang kawat per putaran $\approx 0,67$ m, dan waktu produksi = 60 menit, maka: $Q = 150 \times 0,67 \times 60 = 6030$ m/jam, namun dalam kondisi nyata, efisiensi produksi tidak mencapai 100% karena adanya faktor kehilangan untuk *downtime*, gesekan, dan penyesuaian mesin. Jika diasumsikan efisiensi sistem sebesar 85%, maka kapasitas aktual: $Q_{\text{aktual}} = 6030 \times 0,85 = 5125$ m/jam. Nilai tersebut jauh di atas target 100 m/jam, sehingga sistem produksi dinyatakan mampu memenuhi bahkan melampaui kapasitas yang direncanakan yang menunjukkan bahwa parameter mesin yang digunakan sudah optimal (Groover, 2020; Santoso, 2020) yang menunjukkan bahwa kapasitas produksi 100 m/jam dapat dicapai dan didukung oleh parameter mesin yang memadai.

Pada proses *wire drawing*, gaya tarik dan gesekan menjadi faktor utama yang mempengaruhi mutu kawat. Gesekan yang tinggi dapat menyebabkan cacat permukaan untuk goresan dan retak mikro. Oleh karenanya, penggunaan pelumasan yang baik sangat diperlukan untuk menjaga mutu hasil (Chen, 2022; Brown, 2018) dengan sistem pelumasan yang baik perlu diterapkan pada proses *wire drawing* untuk menghasilkan kawat berduri dengan mutu permukaan yang optimal.

Peningkatan kekuatan tarik kawat melalui *strain hardening*, sehingga kawat menjadi lebih kuat dan tahan terhadap deformasi (Davis, 2018), namun peningkatan kekuatan tersebut harus dikontrol agar tidak menyebabkan kerapuhan bahan.

Galvanisasi dilakukan pada temperatur sekitar 450°C untuk memastikan lapisan Seng menempel secara optimal pada permukaan kawat. Ketebalan lapisan galvanis sangat berpengaruh terhadap ketahanan korosi.

Hasil analisis menunjukkan bahwa lapisan galvanis yang merata mampu meningkatkan umur pakai kawat secara signifikan, namun jika temperatur terlalu tinggi atau waktu pencelupan terlalu lama, dapat terjadi pemborosan bahan Seng (Lee, 2020, Rahman, 2023) yang menunjukkan bahwa mutu lapisan galvanis berpengaruh langsung terhadap umur pakai kawat berduri.

Dengan pengaturan parameter yang tepat, proses galvanisasi dapat menghasilkan lapisan yang optimal tanpa meningkatkan biaya produksi secara signifikan (Zhang, 2020) yang menunjukkan bahwa optimasi parameter galvanisasi berperan penting dalam menghasilkan lapisan Seng yang efektif dan ekonomis.

Proses pembentukan duri dilakukan dengan mesin otomatis yang bekerja dengan prinsip pemutaran dan pengikatan kawat. Parameter penting dalam proses tersebut meliputi kecepatan putar, jarak antar duri, dan kekuatan ikatan. Hasil pembentukan duri menunjukkan

bahwa dengan kecepatan mesin 150 rpm, jarak antar duri dapat dijaga secara konsisten, sehingga menghasilkan produk yang seragam. Ketidakseimbangan mesin dapat menyebabkan cacat untuk duri yang tidak simetris atau mudah lepas (Hadi, 2023; Rizal, 2024) yang menjelaskan bahwa mutu kawat berduri ditentukan oleh ketepatan pengaturan parameter mesin selama pembentukan duri. Kecepatan putar yang sesuai dapat menjaga keseragaman jarak antar duri, sedangkan gangguan pada mesin berpotensi menimbulkan cacat produk yang menunjukkan pentingnya desain dan pengoperasian mesin yang stabil untuk memperoleh hasil produksi yang bermutu.

Mutu kawat berduri yang dihasilkan dievaluasi berdasarkan beberapa parameter: Kekuatan tarik kawat, Ketebalan lapisan galvanis, dan Konsistensi bentuk duri. Hasil mutu kawat berduri menunjukkan bahwa produk memenuhi standar mutu industri dengan karakteristik: Tidak terdapat cacat permukaan signifikan, Lapisan galvanis merata, dan Struktur duri konsisten.

Mutu produk sangat dipengaruhi oleh bahan baku dan kontrol proses produksi (Ahmad, 2023; Pauzi dkk., 2021). Pemilihan bahan baku dan kendali proses dapat menjamin mutu produk.

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi kapasitas dan mutu produksi: kecepatan mesin yang menentukan luaran produksi, mutu bahan baku yang mempengaruhi sifat mekanik, Pelumasan yang mengurangi gesekan pada wire drawing, temperatur galvanisasi yang menentukan ketebalan lapisan Seng, dan Kondisi mesin yang mempengaruhi stabilitas produksi. Pengendalian faktor-faktor tersebut sangat penting untuk menjaga efisiensi dan mutu produksi (Pratama, 2022; Nugroho, 2021) yang menunjukkan bahwa kapasitas dan mutu produksi kawat berduri galvanis sangat dipengaruhi oleh pengendalian parameter proses, mutu bahan baku, dan kondisi mesin produksi.

Berdasarkan hasil analisis, sistem fabrikasi yang didesain mampu mencapai kapasitas produksi yang jauh di atas target yang ditentukan yang menunjukkan bahwa sistem memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam skala industri yang lebih besar, namun peningkatan kapasitas produksi harus tetap diimbangi dengan kontrol mutu yang baik agar tidak terjadi penurunan mutu produk. Penggunaan sistem otomatisasi dan perawatan mesin secara berkala dapat menjadi solusi untuk meningkatkan efisiensi produksi (Wibowo, 2022; Putra, 2019) yang memperkuat argumen bahwa pelumasan yang optimal sangat krusial dalam menekan gesekan guna menjaga mutu permukaan kawat pada *wire drawing*.

Secara keseluruhan, hasil fabrikasi sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa optimasi parameter proses merupakan kunci utama dalam meningkatkan efisiensi dan mutu produksi dalam industri manufaktur (Permatasari, 2023).

Estimasi biaya dan waktu fabrikasi kawat berduri galvanis sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi Biaya dan Waktu Fabrikasi Kawat Berduri Galvanis tiap 1 m.

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Penarikan kawat melalui cetakan (<i>die</i>) (<i>wire drawing</i>) dari diameter 4 mm menjadi 3 mm	1.800	8
2	Pelaluan kawat ke dalam Seng cair pada 500°C (<i>hot dip galvanization</i>) selama 1 menit	2.000	6
3	Pembuatan potongan kawat kedua ujung runcing berduri sepanjang 40 mm dan 70 mm	1.200	4
4	Penyisipan 1 potongan duri kawat dengan panjang 40, dan pembelian 1 potongan duri kawat dengan 70 mm melingkari 3 buah badan kawat pada setiap jarak 15 cm sejumlah 3,8 putaran	2.500	8
5	Pelaluan pilinan kawat berduri dalam Seng cair selama 1 menit	2.000	5
6	Penggulungan kawat berduri	1.000	2
7	Pemeriksaan mutu dan dimensi	1.000	3
	Jumlah	11.500	36
	Pajak 10%	1.150	
	Laba 15%	1.725	
	Total/Harga jual/unit	14.375	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil fabrikasi kawat baja pagar berduri galvanis diameter 3 mm yang tahan karat dengan total biaya produksi Rp 11.500,-/m, dan durasi proses produksi 36 detik/m yang berimplikasi bahwa kawat baja pagar berduri galvanis dapat digunakan untuk pagar pelindung di berbagai lingkungan sektor industri, pertanian, dan infrastruktur dan area tidak terawasi.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah perlu: dilakukan optimasi pada sistem pelumasan dalam proses *wire drawing* untuk mengurangi gesekan dan meningkatkan umur dies, penggunaan sistem kontrol otomatis untuk menjaga kestabilan parameter produksi dan meningkatkan konsistensi mutu produk, perawatan mesin secara berkala yang sangat diperlukan untuk mengurangi *downtime* dan menjaga kinerja produksi tetap optimal, analisis ekonomi dan efisiensi biaya produksi agar sistem yang didesain lebih aplikatif dalam skala industri, dan pengembangan teknologi fabrikasi dengan kapasitas yang lebih besar untuk memenuhi permintaan pasar yang terus meningkat.

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, A. A. R., Priyana, E. D., & Negoro, Y. P. (2023). Analisis kualitas hasil produksi kawat baja single wire di PT XYZ dengan menggunakan metode FMEA. *Jurnal Serambi Engineering*, 8(2), 5704–5710. <https://doi.org/10.32672/jse.v8i2.6028>
- Anonim. (2017). *ASM handbook: Surface engineering*. ASM International.
- Brown, T. (2018). Analysis of wire drawing process and material deformation. *Journal of Manufacturing Science*, 45(2), 120–128.
- Chen, L. (2022). Effect of friction on wire drawing process efficiency. *International Journal of Metal Forming*, 10(3), 210–218.
- Davis, J. R. (2018). *Wire technology: Process engineering and metallurgy*. ASM International.
- Groover, M. P. (2020). *Fundamentals of modern manufacturing* (7th ed.). Wiley.
- Hadi, S., Irawan, B., Purwoko, Buwono, H. P., Murdani, A., & Zainuri, A. M. (2023). Desain pagar kawat berduri fleksibel sebagai pembatas area berpondasi beton, pipa galvanis dan klem-U. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 13(1), 45–52. <https://doi.org/10.30999/jpkm.v13i1.2458>
- Herbirowo, S., Puspasari, V., Nugraha, H., Sulistiyo, E., Pramono, A. W., & Imaduddin, A. (2021). Fabrikasi kawat resistansi nol berbahan MgB₂/stainless steel dengan variasi reduksi ukuran melalui pengerolan dingin terhadap karakteristik mekanik dan struktur mikro. *Energi dan Kelistrikan: Jurnal Ilmiah*, 13(2). <https://doi.org/10.33322/energi.v13i2.1491>
- Kumar, P. (2021). Metal forming processes and applications in wire production. *Materials Today: Proceedings*, 44, 1500–1505. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.038>
- Lee, S. (2020). Study of hot-dip galvanizing parameters on steel wire. *Surface Coating Technology Journal*, 35(4), 300–308.
- Pauzi, G. A., Anwar, S., Supriyanto, A., & Suciwati, S. W. (2021). Analisis jembatan garam campuran alumina dan kalsium karbonat pada karakteristik elektrik pembangkit listrik sel galvanis dengan elektrolit air laut. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 2(4), 125–132. <https://doi.org/10.23960/jemit.v2i4.75>
- Permatasari, R. (2023). Analisis performa mesin dalam meningkatkan efisiensi produksi. *Jurnal Teknologi Industri*, 15(1), 60–68.
- Pratama, A. (2022). Optimasi proses produksi pada industri manufaktur. *Jurnal Rekayasa Industri*, 11(3), 200–210.
- Putra, B. (2019). Studi fabrikasi material logam dalam industri. *Jurnal Teknik Mesin*, 7(2), 75–82.
- Rahman, F. (2023). Analisis kualitas dan efisiensi produksi industri logam. *Jurnal Manufaktur Indonesia*, 14(1), 25–33.
- Rizal, M. (2024). Studi fabrikasi kawat berduri galvanis dan performa mesin. *Jurnal Teknik Mesin*, 16(2), 48–62.
- Santoso, J. (2020). Pengaruh parameter mesin terhadap kapasitas produksi. *Jurnal Teknologi Manufaktur*, 8(1), 33–40.
- Smith, J., & Lee, K. (2019). Steel wire manufacturing and production systems. *International Journal of Industrial Engineering*, 26(3), 145–152.
- Wibowo, H. (2022). Penerapan sistem otomatisasi pada industri manufaktur. *Jurnal Teknik*

Industri, 13(2), 90–98.

Zhang, Y. (2020). Corrosion resistance of galvanized steel wire. *Journal of Materials Engineering*, 55(5), 400–408.