



Pembuatan Atap Galvalum Gelombang Trapesium Dimensi 600x102x3 cm, Tebal 0,3 mm, Kapasitas 50 Lembar/Jam

Irfan Nur Rachmadi Putra¹, Syamsul Hadi^{2*}, Gibran Kurnia Ramadhan³, Mohammad Rafi Rahman⁴, Muhammad Syahrul Pahlevi⁵

^{1,3,4,5}Program 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: irfannurrachmadi@gmail.com¹, syamsul.hadi@polinema.ac.id², gibranramadhan1105@gmail.com³, mrafirahman12@gmail.com⁴, 4ru1p4hlev1@gmail.com⁵

*Penulis Korespondensi: syampol2003@yahoo.com

Abstarct. *Less rigid, easy to rust trapezoidal wave galvalum roof as a problem encountered in industrial buildings, warehouses, commercial facilities, and residential homes. The purpose of making a trapezoidal wave galvalum roof with dimensions of 600x102 cm, height 3 cm, thickness 0.30 mm. The manufacturing method includes: design of a trapezoidal wave galvalum roof with dimensions of 600x102 cm, height 3 cm, thickness 0.30 mm; selection including purchase of Aluminum Zinc coated steel (BJLAS) materials; design and manufacture of roll-forming; formation of a trapezoidal wave profile with dimensions of 600x102 cm, height 3 cm; cutting the trapezoidal wave galvalum roof every 6 m; and inspection of quality-dimensions-standards. The result of the manufacture is a trapezoidal wave galvalum roof with dimensions of 600x102 cm, 3 cm high, 0.30 mm thick with a total manufacturing cost of Rp. 328,000/sheet, and a manufacturing duration of 1.2 minutes/sheet, which means that the trapezoidal wave galvalum roof meets the dimensional specifications of SNI BJLAS G550-SNI 4096:2007 and is suitable for application as a roof covering system on medium-span buildings.*

Keywords: *Aluminum Zinc Coated Steel; Dimensions 600x102x3 Cm; Galvalum Roof; SNI 4096:2007; Trapezoidal Wave.*

Abstrak. Kurang kaku, mudah berkaratnya atap galvalum gelombang trapesium sebagai pemasalahan yang dijumpai pada bangunan industri, gudang, fasilitas komersial, dan rumah tinggal. Tujuan pembuatan memperoleh atap galvalum gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, tebal 0,30 mm. Metode pembuatan meliputi: desain atap galvalum gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, tebal 0,30 mm; pemilihan termasuk pembelian bahan baja lapis Aluminium Seng (BJLAS); desain dan pembuatan *roll-forming*; pembentukan profil gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm; pemotongan atap galvalum gelombang trapesium setiap 6 m; dan pemeriksaan mutu-dimensi-standar. Hasil pembuatan berupa atap galvalum gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, tebal 0,30 mm dengan total biaya pembuatan Rp 328.000,-/lembar, dan durasi pembuatan selama 1,2 menit/lembar yang berkonsekwensi bahwa atap galvalum gelombang trapesium memenuhi spesifikasi dimensi SNI BJLAS G550-SNI 4096:2007 dan layak diaplikasikan sebagai sistem penutup atap pada bangunan bentang menengah.

Kata Kunci: Atap Galvalum; Baja Lapis Aluminium Seng; Dimensi 600x102x3 Cm; Gelombang Trapesium; SNI 4096:2007.

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan industri konstruksi mendorong kebutuhan bahan bangunan yang memiliki bobot ringan, ketahanan korosi yang tinggi, kemudahan pemasangan, dan biaya yang ekonomis. Satu bahan yang banyak digunakan sebagai penutup atap adalah baja lapis aluminium dan seng atau galvalum. Bahan tersebut memiliki lapisan pelindung berupa campuran Aluminium, Seng, dan Silikon yang mampu meningkatkan ketahanan terhadap korosi daripada baja galvanis konvensional (Elewa dkk., 2019). Karakteristik ketahanan korosi pada galvalum membuat bahan yang sesuai untuk pembuatan atap gelombang trapesium.

Atap galvalum umumnya diproduksi dalam berbagai bentuk profil dengan bentuk enampang sinusoidal, trapezoidal, dan *standing seam*. Di antara berbagai bentuk tersebut, profil trapesium banyak digunakan karena memiliki kekakuan yang lebih tinggi akibat peningkatan momen inersia penampang. Profil tersebut mampu menahan beban angin, hujan, dan beban pemasangan dengan deformasi yang relatif kecil (Haroen dkk., 2020). Bentuk trapesium dipilih dalam pembuatan atap galvalum, yaitu kemampuannya meningkatkan momen inersia atau kekakuan lentur demi meminimalkan lendutan.

Selain karakteristik mekaniknya, bentuk gelombang trapesium juga memberikan keuntungan dalam manufaktur. Profil dapat dibentuk secara kontinyu menggunakan metode *roll-forming* yang merupakan satu pembentukan logam paling produktif dalam industri lembaran logam tipis yang memungkinkan produksi dalam jumlah besar dengan mutu yang seragam dan tingkat pemborosan bahan yang rendah (Fei & Zihuai, 2025). Kecepatan dan efisiensi *roll-forming* menjadikan dasar pemilihan dalam produksi atap galvalum gelombang trapesium.

Peningkatan kebutuhan pembangunan gudang, pabrik, bengkel, dan bangunan komersial (Garifullin dkk., 2021) Dalam praktik konstruksi, lembaran Baja Lapis Aluminium-Seng (Galvalum) umumnya dibentuk menjadi profil bergelombang, baik sinusoidal maupun trapezoidal (Wijanarko & Prasetyo, 2025) menyebabkan permintaan atap galvalum dengan panjang yang lebih besar semakin meningkat. Produk dengan panjang 600 cm mampu mengurangi jumlah sambungan selama pemasangan, sehingga meningkatkan ketahanan. Penelitian tersebut bertujuan memperoleh atap galvalum gelombang trapesium dengan panjang 600 cm, lebar efektif 102 cm, tinggi gelombang 3 cm, ketebalan 0,30 mm, dan kapasitas produksi 50 lembar/jam menggunakan metode *roll-forming*. Selain hal tersebut dilakukan evaluasi terhadap mutu produk dan produktivitas proses sebagai dasar pengembangan produksi skala industri

2. KAJIAN TEORITIS

Atap galvalum merupakan bahan penutup atap yang terbuat dari baja lapis aluminium-seng (Al-Zn). Lapisan pelindung tersebut umumnya terdiri atas 55% aluminium, 43,5% seng, dan 1,5% silikon yang berfungsi meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan memperpanjang umur pakai bahan. Dibandingkan baja galvanis konvensional, galvalum memiliki ketahanan korosi yang lebih baik terutama pada lingkungan dengan kelembapan tinggi dan paparan cuaca yang ekstrem (Elewa dkk., 2019).

Oleh karenanya komposisi lapisan pelindung galvalum yang secara signifikan meningkatkan ketahanan bahan terhadap korosi dan cuaca ekstrem daripada baja galvanis. Penggunaan galvalum dalam industri konstruksi berkembang pesat karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang baik, bobot ringan, kemudahan fabrikasi, dan biaya perawatan yang relatif rendah yang banyak digunakan sebagai atap bangunan industri, gudang, pertanian, pusat perbelanjaan, dan rumah tinggal (Tiwari dkk., 2025). Pembuatan atap galvalum gelombang trapesium dengan panjang 600 cm, lebar 102 cm, tinggi 3 cm, dan tebal 0,30 mm dapat dilakukan dengan mutu yang baik dan kapasitas produksi yang sesuai kebutuhan industri konstruksi modern yang selaras dengan sistem atap logam tetap menjadi satu solusi yang banyak digunakan pada konstruksi modern karena memiliki kinerja struktural dan efisiensi yang baik.

Dari segi bahan atap logam gelombang telah berkembang mulai dari Baja Lapis Seng (Galvanis) yang telah secara luas dipakai untuk beberapa macam perusahaan manufaktur, baja lapis aluminium seng, baja lapis paduan aluminium, plat tembaga dan plat baja tahan karat (Xie & Zhang, 2023). Sebagai satu inovasi bahan baku dalam industri manufaktur pembuatan atap logam yang menjadi bahan dalam pembuatan atap gelombang trapesium.

Profil bergelombang memiliki peningkatan kemampuan menahan beban lentur, Peningkatan menahan beban dan peningkata kekuatan tekuk dibanding pelat datar (Cao dkk., 2026) karena adanya peningkatan momen inersia Bentuk trapesium memiliki puncak dan lembah yang relatif datar daripada profil sinusoidal, sehingga menghasilkan momen inersia yang lebih besar. Peningkatan momen inersia tersebut menyebabkan kekakuan lentur profil meningkat, sehingga lendutan akibat beban dapat dikurangi (Haroen dkk., 2020), yang mana keunggulan mekanis profil trapesium untuk momen inersia yang tinggi yang menjadikannya bentuk atap galvalum yang paling efektif dan banyak digunakan. Selain meningkatkan kekakuan, profil trapesium juga mampu meningkatkan kapasitas distribusi beban menuju rangka atap dan memperbaiki kestabilan penampang terhadap deformasi lokal.

Oleh karenanya, profil tersebut banyak digunakan pada bangunan industri dengan bentang menengah hingga panjang (Franco & Batista, 2017). Keuntungan profil gelombang trapesium antara lain: (1) meningkatkan kekakuan struktur, (2) mengurangi lendutan akibat beban, (3) meningkatkan kapasitas menahan beban angin dan hujan, (4) mempermudah aliran air hujan menuju talang, dan (5) mudah diproduksi dengan *roll-forming*. Parameterisasi dan optimasi bentuk geometri secara sukses dapat meningkatkan kekakuan, mengurangi berat dan tetap mempertahankan kemampuan manufaktur (Gong dkk., 2023).

Dari sisi manufaktur, profil gelombang trapesium mudah diproduksi menggunakan roll forming dengan produktivitas yang tinggi. Pengembangan desain melalui parameterisasi dan optimasi geometri berpotensi menghasilkan profil yang lebih ringan, lebih kaku, dan tetap mudah diproduksi. Oleh karenanya,, profil gelombang trapesium dapat menjadi pilihan yang efektif dan efisien untuk aplikasi atap pada bangunan industri maupun konstruksi dengan bentang menengah hingga panjang.

Baja lapis aluminium seng atau BJLAS merupakan baja karbon rendah yang dilapisi campuran aluminium dan Seng melalui pelapisan kontinyu yang memiliki ketahanan korosi yang tinggi dan mampu mempertahankan kekuatan mekanik meskipun digunakan dalam ketebalan yang relatif tipis. Karakteristik tersebut menjadikan BJLAS sangat sesuai digunakan sebagai bahan atap bangunan (Elewa dkk., 2019). Dengan karakteristik tersebut, BJLAS banyak digunakan pada industri konstruksi, termasuk sebagai bahan atap gelombang trapezium

Kekuatan tarik bahan galvalum merupakan satu parameter penting dalam menentukan kemampuan bahan dalam menahan beban kerja, yang mana pengujian tarik digunakan untuk evaluasi respons bahan terhadap gaya eksternal hingga terjadi kegagalan (Putra, 2019) yang menunjukkan bahwa sifat mekanik berupa kekuatan tarik sangat berpengaruh terhadap kinerja atap galvalum dalam aplikasi struktural, sehingga pengujian bahan menjadi tahap penting untuk memastikan keselamatan dan keandalan produk sebelum digunakan pada konstruksi.

Atap galvalum umumnya diproduksi dalam berbagai bentuk profil untuk sinusoidal dan trapesium. Profil trapesium banyak digunakan karena memiliki kemampuan struktural yang baik dalam menahan beban dan telah banyak diteliti pada berbagai aplikasi konstruksi, termasuk sistem bentang ganda (Dogar dkk., 2020). Penelitian tersebut menunjukkan bahwa profil trapesium memiliki kinerja struktural yang baik, sehingga sesuai digunakan sebagai bahan penutup bangunan.

Metode *Direct Strength Method* (DSM) digunakan untuk evaluasi kapasitas struktur pelat baja tipis, khususnya pada kondisi kombinasi antara momen lentur dan kegagalan lokal seperti web crippling, yang umum terjadi pada elemen profil trapesium (Willems dkk., 2021) yang menunjukkan bahwa perilaku struktur atap galvalum profil trapesium tidak hanya dipengaruhi oleh beban lentur, tetapi juga oleh kegagalan lokal pada elemen penampang, sehingga perlu analisis kekuatan yang lebih komprehensif untuk menjamin keamanan dan kinerja struktur.

Atap galvalum umumnya diproduksi dalam berbagai bentuk profil, satu di antaranya profil trapesium yang banyak digunakan, karena memiliki kekakuan dan kapasitas struktural yang baik dalam menahan pembebanan (Pieper & Mahendran, 2023).

Karakteristik tersebut menunjukkan bahwa profil trapesium memiliki kinerja mekanis yang lebih baik daripada lembaran datar, sehingga banyak diterapkan pada sistem atap bangunan.

Komposisi kimia baja lapis Aluminium-Seng sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Kimia dan Parameter Kekuatan Baja Lapis Aluminium Seng.

Unsur	Komposisi Maksimum %	Parameter	Nilai
Karbon	0,20	Kekuatan Luluh Minimum	550 MPa
Mangan	1,20	Kekuatan Tarik Minimum	550 MPa
Fosfor	0,04	Regangan Minimum	2%
Sulfur	0,03		

Sifat mekanik tersebut menjadikan BJLAS cocok digunakan sebagai bahan atap, karena mampu mempertahankan kekuatan meskipun menggunakan ketebalan yang relatif kecil. *Roll-forming* merupakan pembentukan logam secara kontinu menggunakan serangkaian rol yang tersusun berurutan yang mana deformasi terjadi secara bertahap hingga profil akhir tercapai yang banyak digunakan dalam industri karena mampu menghasilkan produk dengan dimensi yang konsisten, kecepatan produksi tinggi, dan efisiensi bahan yang baik (Murugesana dkk., 2020). Kemampuan *roll-forming* menjadikan profil yang seragam yang mendukung pembuatan atap galvalum gelombang trapesium.

Perkembangan teknologi *roll-forming* memungkinkan pembuatan profil yang semakin kompleks dengan tingkat akurasi yang tinggi yang cocok digunakan untuk produksi massal karena waktu siklus yang relatif singkat dan biaya produksi yang kompetitif (Fei & Zihuai, 2025). Pentingnya analisis parameter proses untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja *roll-forming*.

Mutu hasil pembentukan pada *roll forming* ditentukan oleh sejumlah parameter proses dan sifat bahan, meliputi kekuatan luluh, perubahan sudut pembentukan, koefisien penguatan bahan, dan jarak antar rol. Sebaliknya, variasi kecepatan rol dan gesekan yang terjadi selama pembentukan menunjukkan pengaruh yang tidak signifikan terhadap mutu produk akhir (Hui & Wang, 2018).

Bahan yang tipis dan berkekuatan tinggi, dan geometri gelombangnya yang kompleks, membutuhkan presisi sudut dan jarak rol di setiap station demi mencegah cacat robek. Keunggulan *roll-forming* meliputi: (1) produktivitas tinggi, (2) konsistensi dimensi yang baik, (3) efisiensi penggunaan bahan, (4) kemampuan menghasilkan profil kompleks, (5) cocok untuk produksi massal.

Dalam industri atap galvalum, *roll-forming* menjadi metode yang paling banyak digunakan karena mampu menghasilkan produk dengan panjang yang bervariasi sesuai kebutuhan pelanggan tanpa memerlukan cetakan khusus.

Kapasitas produksi merupakan jumlah produk yang dapat dihasilkan dalam periode waktu tertentu. Dalam sistem manufaktur kontinu, kapasitas produksi dipengaruhi oleh waktu siklus, kecepatan pembentukan, sistem pemotongan, dan efisiensi operator. Semakin kecil waktu siklus yang diperlukan untuk menghasilkan satu produk maka semakin besar kapasitas produksi yang dapat dicapai (Wang dkk., 2022). Keterkaitan erat dengan hubungan antara waktu siklus dan kapasitas produksi yang menjadi dasar analisis produktivitas pada pembentukan atap galvalum gelombang trapesium. Dalam produksi tersebut target kapasitas produksi adalah 50 lembar/jam.

Hubungan kapasitas produksi dengan waktu siklus dapat dihitung dengan Rumus (1)

$$Q = \frac{60}{t} \quad (1)$$

dengan: Q: kapasitas produksi (lembar/jam), t: waktu produksi/lembar (menit), Untuk kapasitas 50 lembar/jam diperoleh: $t = 60/50 = 1,2$ menit/lembar, artinya setiap lembar atap harus diselesaikan dalam waktu maksimum 1,2 menit agar target kapasitas produksi dapat tercapai.

Pengendalian mutu dilakukan untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi desain. Parameter yang diperiksa meliputi: (1) Panjang produk, (2) Lebar efektif, (3) Tinggi gelombang, (4) Kerataan profil, (5) Mutu permukaan, dan (6) Ketebalan bahan. Pengendalian mutu yang baik mengurangi jumlah produk cacat dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

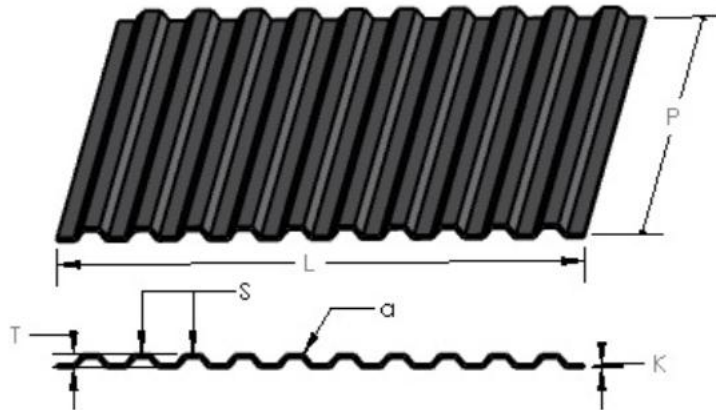
3. METODE PENELITIAN

Metode pembuatan atap galvalum gelombang trapesium dengan spesifikasi sebagaimana Tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Produk Atap Galvalum Gelombang Trapesium.

No.	Parameter	Spesifikasi
1	Jenis produk	Atap galvalum gelombang trapesium
2	bahan	Baja lapis galvalum
3	Tebal bahan	0,30 mm
4	Lebar Bahan Baku	914 mm
5	Panjang Produk	600 cm
6	Lebar Efektif Produk	102 cm
7	Tinggi Gelombang	3 cm
8	Bentuk Profil	Trapesium
9	Metode Pembentukan	Roll Forming

Desain atap galvalum gelombang trapesium sebagaimana Gambar 1.



Gambar 1. Desain Atap Galvalum Gelombang Trapesium Berukuran Panjang 600 cm, Lebar 102 cm, Tinggi Gelombang 3 cm, Tebal Baja Galvalum 0,3 mm.

Keterangan: P: 600 cm, L: 102 cm, T: 3 cm, S: 10 cm, α : 110°, dan k: 0,30 mm

Peralatan yang digunakan meliputi: (1) Mesin decoiler, (2) Mesin roll-forming, (3) Sistem penggerak motor listrik, (4) Mesin pemotong hidrolik, (5) Alat ukur dimensi, dan (6) Peralatan inspeksi mutu.

Tahapan pembuatan dilakukan sebagai berikut: (1) Pemilihan bahan galvalum, (2) Pemeriksaan ketebalan bahan (3) Pengaturan celah rol, (4) Pembentukan profil trapesium, (5) Pemotongan panjang 600 cm, (6) Pemeriksaan dimensi produk, (7) Pemeriksaan mutu permukaan, (8) Perhitungan kapasitas produksi, dan (9) Analisis biaya produksi.

Parameter proses yang diamati sebagaimana Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Pengamatan dalam Pembuatan Atap Galvalum Gelombang Trapesium.

Parameter	Satuan
Panjang Produk	cm
Lebar Efektif	cm
Tinggi Gelombang	cm
Waktu Produksi	menit
Kapasitas Produksi	lembar/jam
Produk Cacat	%

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pembuatan berupa produk atap galvalum gelombang trapesium yang dibuat dari bahan Baja Lapis Aluminium Seng (BJLAS) dengan ketebalan 0,30 mm, panjang 600 cm, lebar efektif 102 cm, dan tinggi gelombang 3 cm sesuai spesifikasi yang telah ditentukan pada tahap desain.

Pembentukan profil dilakukan *roll-forming* secara bertahap, sehingga perubahan bentuk bahan terjadi secara kontinyu hingga mencapai geometri akhir yang diinginkan (Wang dkk., 2022). *Roll-forming* merupakan metode yang digunakan untuk membentuk profil atap galvalum gelombang trapesium sesuai spesifikasi produk yang didesain.

Pengamatan visual menunjukkan bahwa profil gelombang trapesium berbentuk yang seragam sepanjang lembaran, tidak ditemukan cacat berupa retak, lipatan, gelombang tidak simetris, maupun kerusakan lapisan pelindung pada permukaan bahan yang menunjukkan bahwa parameter pembentukan telah mampu menghasilkan deformasi yang stabil selama produksi berlangsung (Murugesana dkk., 2020). Parameter pembentukan harus dikontrol dengan cermat agar tidak terjadi cacat produk.

Roll-forming yang dilakukan secara bertahap mampu menjaga mutu profil sepanjang produk dengan panjang 600 cm. Hal tersebut sesuai dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pembentukan bertahap melalui beberapa stasiun rol dapat meningkatkan mutu dimensi dan mengurangi potensi cacat produk pada bahan lembaran tipis (Fei & Zihuai, 2025). *Roll-forming* mampu menghasilkan atap galvalum gelombang trapesium dengan dimensi yang sesuai spesifikasi dan mutu permukaan yang baik yang memiliki produktivitas tinggi dan mampu menghasilkan profil logam secara kontinyu dengan mutu yang konsisten.

Spesifikasi produk hasil produksi sebagaimana Tabel 4.

Tabel 4. Spesifikasi Produk Hasil Produksi.

Parameter	Nilai
bahan	BJLAS
Ketebalan	0,30 mm
Panjang	600 cm
Lebar Efektif	102 cm
Tinggi Gelombang	3 cm
Kapasitas Produksi	50 lembar/jam

Pengukuran dimensi dilakukan untuk mengetahui kesesuaian produk terhadap spesifikasi desain. Pengambilan data dilakukan pada lima sampel yang dipilih secara acak selama produksi berlangsung. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa seluruh dimensi produk masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga produk dinyatakan memenuhi standar produksi yang ditetapkan (Lee dkk., 2023). Pengukuran dimensi sangat relevan dalam industri atap galvalum untuk menjamin akurasi geometris profil gelombang (untuk tinggi dan lebar efektif).

Penyimpangan dimensi yang relatif kecil menunjukkan bahwa pembentukan dan pemotongan berlangsung secara konsisten. Ketelitian dimensi tersebut sangat penting karena akan mempengaruhi kemudahan pemasangan dan mutu sambungan antar lembar atap pada saat aplikasi di lapangan (Wang dkk., 2022).

Konsistensi dimensi sangat penting untuk menjamin keseragaman bentuk profil gelombang massal, mengingat bahan galvalum tipis berkekuatan tinggi sangat sensitif terhadap perubahan parameter cetakan.

Keseragaman dimensi juga menunjukkan bahwa sistem pengaturan rol dan sistem pemotongan telah bekerja dengan baik selama produksi. Menurut Lee dkk. (2023), kestabilan dimensi merupakan Satu indikator utama keberhasilan roll-forming dalam menghasilkan produk bermutu tinggi (Lee dkk., 2023). Keseragaman keseragaman panjang, lebar efektif, dan tinggi gelombang produk menunjukkan bahwa pengaturan rol dan sistem pemotongan bekerja stabil selama produksi.

Kapasitas produksi ditentukan berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu lembar atap galvalum gelombang trapesium. Pengamatan dilakukan terhadap seluruh tahapan produksi mulai dari persiapan bahan hingga pemeriksaan mutu akhir. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa waktu produksi rata-rata yang dibutuhkan untuk menghasilkan satu lembar produk adalah 1,2 menit (Fei & Zihuai, 2025). Pentingnya analisis parameter proses untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja *roll-forming*.

Target kapasitas produksi senilai 50 lembar/jam dapat tercapai sesuai dengan perencanaan awal penelitian. Kapasitas produksi dipengaruhi oleh kecepatan pembentukan profil, kecepatan pemotongan, dan efisiensi perpindahan bahan selama proses berlangsung (Murugesana dkk., 2020). Target kapasitas produksi senilai 50 lembar/jam yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem produksi telah memenuhi target dengan waktu siklus senilai 1,2 menit/lembar, produksi dapat diterapkan pada skala industri kecil maupun menengah yang memproduksi atap galvalum berdasarkan pesanan pelanggan yang mana dengan *cold roll forming* mampu menghasilkan produk secara kontinyu dengan mutu pembentukan yang baik.

Produktivitas yang diperoleh masih dapat ditingkatkan melalui optimasi jumlah stasiun rol, peningkatan kecepatan pembentukan, dan penggunaan sistem pemotongan otomatis. Strategi tersebut telah banyak diterapkan pada industri roll-forming modern untuk meningkatkan kapasitas produksi tanpa menurunkan mutu produk (Fei & Zihuai, 2025). *Roll-forming* yang dilakukan secara bertahap mampu menjaga mutu profil sepanjang produk dengan panjang 600 cm melalui beberapa stasiun rol yang dapat meningkatkan mutu dimensi dan mengurangi potensi cacat produk pada bahan lembaran tipis yang terbukti mampu menghasilkan profil atap galvalum dengan dimensi yang seragam dan mutu produk yang baik. Mutu produk dievaluasi berdasarkan kesesuaian dimensi, kondisi permukaan, dan keseragaman bentuk profil.

Pemeriksaan visual menunjukkan bahwa tidak ditemukan cacat berupa retak, deformasi lokal, goresan yang signifikan, maupun kerusakan lapisan pelindung pada permukaan atap galvalum (Elewa dkk., 2019). Mutu profil yang baik menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi selama pembentukan tidak melebihi kemampuan bentuk bahan, karena kerusakan pada lapisan pelindung dapat mempercepat terjadinya korosi selama masa penggunaan produk yang berpengaruh langsung terhadap ketahanan korosi atap galvalum.

Mutu profil yang baik menunjukkan bahwa deformasi yang terjadi selama pembentukan tidak melebihi kemampuan bentuk bahan, karena kerusakan pada lapisan pelindung dapat mempercepat terjadinya korosi selama masa penggunaan produk (Elewa dkk., 2019). Mutu produk dievaluasi berdasarkan kesesuaian dimensi, kondisi permukaan, dan keseragaman bentuk profil. Pemeriksaan visual menunjukkan bahwa tidak ditemukan cacat berupa retak, deformasi lokal, goresan yang signifikan, maupun kerusakan lapisan pelindung pada permukaan atap galvalum yang relevan mendukung evaluasi mutu atap galvalum berdasarkan kondisi permukaan dan keberadaan cacat yang dapat memengaruhi mutu produk hasil *roll-forming*.

Keseragaman bentuk gelombang yang diperoleh juga menunjukkan bahwa distribusi tegangan selama pembentukan berlangsung relatif merata yang mana pengaturan rol yang tepat mampu menghasilkan profil dengan mutu dimensi dan bentuk yang lebih baik (Wang dkk., 2022). Penyimpangan dimensi yang relatif kecil menunjukkan bahwa pembentukan dan pemotongan berlangsung secara konsisten yang mempengaruhi kemudahan pemasangan dan mutu sambungan antar lembar atap pada saat aplikasi di lapangan yang mana analisis akurasi dimensi produk yang berpengaruh pada mutu pemasangan atap.

Analisis biaya produksi dilakukan untuk mengetahui estimasi biaya yang diperlukan dalam pembuatan satu lembar atap galvalum gelombang trapesium. Komponen biaya yang diperhitungkan meliputi biaya bahan, energi listrik, tenaga kerja, pembentukan, dan pemeriksaan mutu produk (Kusuma & Pulansari, 2025). Evaluasi biaya produksi sebagai satu upaya untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi produksi penyebab permasalahan dalam meningkatkan efektivitas operasional perusahaan.

Berdasarkan hasil perhitungan, biaya terbesar berasal dari pembentukan dan penggunaan bahan karena kedua komponen tersebut merupakan bagian utama dalam produksi. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian manufaktur *roll-forming* yang menunjukkan bahwa biaya bahan dan pembentukan merupakan komponen biaya dominan pada produksi profil baja tipis (Timothy & Gauchey, 2025). Pentingnya pengendalian biaya bahan dan pembentukan dalam meningkatkan efisiensi manufaktur *roll-forming*.

Roll-forming mampu menghasilkan atap galvalum gelombang trapesium dengan dimensi yang sesuai spesifikasi dan mutu permukaan yang baik. Keberhasilan tersebut menunjukkan bahwa metode *roll-forming* masih menjadi teknologi yang efektif untuk memproduksi profil atap logam secara kontinu dengan tingkat produktivitas yang tinggi (Fei & Zihuai, 2025). Produktivitas yang diperoleh masih dapat ditingkatkan melalui optimasi jumlah stasiun rol, peningkatan kecepatan pembentukan, dan penggunaan sistem pemotongan otomatis yang telah banyak diterapkan pada industri *roll-forming* modern untuk meningkatkan kapasitas produksi tanpa menurunkan mutu produk yang relevan mendukung upaya peningkatan kapasitas produksi atap galvalum melalui optimasi proses *roll-forming*.

Profil gelombang trapesium yang digunakan pada penelitian tersebut memberikan keuntungan berupa peningkatan kekakuan daripada lembaran datar. Bentuk gelombang mampu meningkatkan momen inersia penampang, sehingga lendutan akibat pembebanan dapat dikurangi dan kestabilan struktur menjadi lebih baik (Haroen dkk., 2020). Profil trapesium yang digunakan didesain untuk menghasilkan atap yang lebih kaku dan stabil daripada lembaran datar.

Kapasitas produksi senilai 50 lembar/jam yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem produksi telah memenuhi target yang direncanakan. Dengan waktu siklus senilai 1,2 menit/lembar, produksi dapat diterapkan pada skala industri kecil maupun menengah yang memproduksi atap galvalum berdasarkan pesanan pelanggan (Murugesana dkk., 2020). *Cold roll forming* mampu menghasilkan produk secara kontinyu dengan mutu pembentukan yang baik.

Pembuatan atap galvalum gelombang trapesium panjang 600 cm, lebar 102 cm, tinggi 3 cm, dan tebal 0,30 mm dapat dilakukan dengan mutu yang baik dan kapasitas produksi yang sesuai kebutuhan industri konstruksi modern (Tiwari dkk., 2025). Sistem atap logam tetap menjadi satu solusi yang banyak digunakan pada konstruksi modern karena memiliki kinerja struktural dan efisiensi yang baik.

Estimasi biaya dan waktu pembuatan atap galvalum gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, tebal 0,30 mm sebagaimana Tabel 5.

Tabel 5. Estimasi Biaya dan Waktu Pembuatan Atap Galvalum Gelombang Trapesium
Dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, Tebal 0,30 mm.

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Detik)
1	Desain atap galvalum gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, tebal 0,30 mm	8.000	20
2	Pemilihan termasuk pembelian bahan baja lapis Aluminium Seng (BJLAS)	260.000	10
3	Desain dan pembuatan roll-forming	20.000	20
4	Pembentukan profil gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm	25.000	20
5	Pemotongan atap galvalum gelombang trapesium setiap 6 m	8.000	10
6	Pemeriksaan mutu-dimensi-standar	7.000	10
	Jumlah	328.000	90
	Pajak 10%	32.800	
	Laba 15%	49.200	
	Total/Harga jual/unit	410.000	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pembuatan atap galvalum gelombang trapesium dimensi 600x102 cm, tinggi 3 cm, tebal 0,30 mm yang berkonsekwensi bahwa atap galvalum gelombang trapesium memenuhi spesifikasi dimensi SNI BJLAS G550-SNI 4096:2007 dan layak diaplikasikan sebagai sistem penutup atap pada bangunan bentang menengah.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah perlu: (1) pengujian sifat mekanik produk yang meliputi pengujian lentur, pengujian tarik, dan pengujian ketahanan korosi, (2) analisis ekonomi yang lebih rinci dengan mempertimbangkan biaya investasi mesin, biaya perawatan, biaya energi, dan biaya tenaga kerja untuk memperoleh gambaran kelayakan produksi dalam skala industri yang lebih besar, dan (3) pengembangan sistem produksi berbasis otomatisasi dan pengendalian digital juga dapat diterapkan untuk meningkatkan kapasitas produksi, mengurangi kesalahan operator, dan meningkatkan konsistensi mutu produk.

DAFTAR REFERENSI

- Cao, Q., Zhu, Y. & Zhang J. H. (2026). Study on the Stability and Bearing Capacity of High-Strength Steel C-section Columns with Complex Longitudinal Stiffeners, *Structure*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2026.111255>
- Dogar, A. U. R., Rehman, H. M. U., Tafsirojjaman, T. & Iqbal, N. (2020). Experimental Investigations on Inelastic Behaviour and Modified Gerber Joint for Double-Span Steel Trapezoidal Sheeting. *Structures*, 24, 514-525. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.01.042>
- Elewa, R. E., Afolalu, S. A. & Fayomi, O. S. J. (2019). Overview Production Process and Properties of Galvanized Roofing Sheets. *Journal of Physics: Conference Series*, 1378(2), 022069. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1378/2/022069>

- Fei, H. & Zihuai, N. (2025). Status of Research and Development Trend of Roll Forming Technology. *Journal of Mechanical Engineering*, 61(11), 279-300. <https://doi.org/10.3901/JME.2025.11.279>
- Franco, J. M .S. & Batista, E. d. M. (2017). Buckling Behavior and Strength of Thin-Walled Stiffened Trapezoidal CFS under Flexural Bending, *Thin-Walled Structures*, 117, 268-281. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2016.11.027>
- Garifullin, M., Mela, K., Renaux, T., Izabel, D., Holz, R. & Fauth, C. (2021). Load-bearing Capacity of Cold-formed Sinusoidal Steel Sheets, *Thin-Walled Structures*, 161(12), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.107475>
- Gong, J., Ghabraie, K., Weiss, M., Sreenivas, A. & Rolfe, B. (2023). Manufacturing Constrained Shape Optimisation of Variable Width Flat Web Formed Channels, *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 128(1-2), 1-24. <https://doi.org/10.1007/s00170-023-11806-2>
- Haroen, H. Z., Herm, H., Bert, H. H. S. & Mohen, M. M. (2020). Explicit and Interaction Direct Strength Methods for Combined Web Crippling and Bending Moment Failure of First-Generation Trapezoidal Steel Sheeting. *Thin-Walled Structures*, 157, 106927. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2020.106927>
- Hui, X. & Wang, X. (2018). Forming Quality Analysis on the Cold Roll Forming C-Channel Steel, *Materials*, 11, 1911. [doi:10.3390/ma11101911](https://doi.org/10.3390/ma11101911)
- Kusuma, Y. & Pulansari, F. (2025). Analisis Pemesanan Konsumen PT. Kepuh Kencana Arum dengan Metode Root Cause Analysis. *Jurnal Hasil Penelitian dan Pengkajian Ilmiah Eksakta*, 4(1), 14-22. <https://doi.org/10.47233/jppie.v4i1.1783>
- Lee, J., Bong, H. J., Kim, C., Kim, D. & Lee, M. G. (2023). Investigation on a Novel In-line Incremental Die Forming Process for Sheet Metals. *Thin-Walled Structures*, 193, 111281. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.111281>
- Murugesana, M., Sajjadb, M. & Jung, D. W. (2020). Experimental and Numerical Investigation of Cold Roll Forming Process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 758, 012067. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/758/1/012067>
- Pieper, L. & Mahendran, M. (2023). Numerical Investigation and Design of Crest-Fixed Corrugated Steel Claddings under Static Wind Uplift Loading. *Thin-Walled Structures*, 182, 110270. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2022.110270>
- Putra, W. T. (2019). Analysis Seng Galvalum Tensile Strength Against the Load That is Given. *Jurnal Mesin*, 5(1), 9-14. <https://doi.org/10.33019/jm.v5i1.767>
- Timothy, S. & Gauchey, M. (2025). A Cost-Effective Cold Roll-Forming FE Model for Industrial Applications. *Material Forming-ESAFORM* 54, 989–994. <https://doi.org/10.21741/9781644903599-106>
- Tiwari, S., Roy, K., Fang, Z. & Lim, J. B. P. (2025). Metal Roof Cladding System under Wind Loading: State-of-the-Art. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 257, 105939. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2024.105939>
- Wang, J., Liu, H. M., Li, S. F. & Chen, W. J. (2022). Cold Roll Forming Process Design for Complex Stainless-Steel Section Based on COPRA and Orthogonal Experiment. *Materials*, 15(22), 8023. <https://doi.org/10.3390/ma15228023>

- Wijanarko, W. Z. Y. & Prasetyo, A. B. (2025) Stiffness Improvement of Corrugated Metal Roofs through Cross-sectional Geometry Modification. *Jurnal Inovasi Mesin*, 7(2), 1-6. <http://DOI: 10.15294/jim.v7i2.31504>
- Willems, D. W. C., Hofmeyer, H., Snijder, H. H. & Schafer, B. W. (2021). The Direct Strength Method for Combined Bending and Web Crippling of Second-Generation Trapezoidal Steel Sheeting. *Thin-Walled Structures*, 167, 108149. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2021.108149>
- Xie, Z. & Zhang, Y. (2023) Analysis of Natural Vibration Characteristics of Metal Roof Panel of Large-Span Standing-Seam Metal Roof System, *Buildings*, 13(11), 1-19. <https://doi.org/10.3390/buildings13112855>