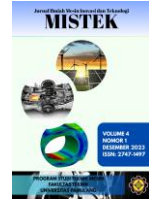




JURNAL TEKNIK MESIN MISTEK MESIN INOVASI DAN TEKNOLOGI



PERANCANGAN KEKUATAN RANGKA MESIN ROLL PIPA DENGAN KAPASITAS PIPA DIAMETER $\frac{3}{4}$ INCH

Ari Budi Prastya Aji¹, Fifit Astuti², Nur Rohmat³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail : areegooner@gmail.com¹

Masuk : 23 Oktober 2023

Direvisi : 13 November 2023

Disetujui : 04 Desember 2023

Abstrak: Perkembangan industri modern menuntut setiap proses produksi dilakukan secara cepat dan tepat, termasuk pada proses pengerolan pipa. Umumnya, proses ini masih dilakukan secara manual sehingga memerlukan waktu yang cukup lama. Berdasarkan kondisi tersebut, dilakukan inovasi berupa perancangan mesin roll pipa yang lebih efisien dan presisi. Penelitian ini berfokus pada perancangan rangka mesin roll pipa dengan kapasitas pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inci yang memiliki kekuatan struktural memadai. Material rangka yang digunakan adalah baja siku ST 37 berukuran $40 \times 40 \times 3$ mm. Proses penyambungan rangka dilakukan dengan metode pengelasan SMAW menggunakan elektroda RD260 berdiameter 2,0 mm. Tujuan perancangan ini adalah untuk mengetahui kekuatan rangka terhadap sambungan las dan beban statis. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan tarik sambungan las sebesar $0,63 \text{ kg/mm}^2$ dan tegangan geser sebesar $0,58 \text{ kg/mm}^2$. Sementara itu, pada analisis kekuatan rangka akibat beban statis diperoleh tegangan maksimum sebesar $1,13 \text{ kg/mm}^2$, yang masih berada di bawah tegangan izin rangka sebesar $8,54 \text{ kg/mm}^2$.

Kata Kunci: Rangka, Pipa, Tegangan Tarik, Tegangan Geser.

Abstract: The rapid advancement of modern industry demands efficiency and accuracy in every production process, including pipe rolling. Generally, this process is still carried out manually, which requires considerable time. To address this limitation, an innovation was developed through the design of a pipe rolling machine that operates faster and more precisely. This study focuses on designing a strong frame structure for a pipe rolling machine with a $\frac{3}{4}$ -inch pipe capacity. The frame material used is ST 37 angle steel with dimensions of $40 \times 40 \times 3$ mm. The frame assembly was carried out using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method with RD260 electrodes of 2.0 mm diameter. The purpose of this design is to determine the strength of the frame under welded joints and static loads. The calculation results show that the tensile stress of the weld joint is 0.63 kg/mm^2 , and the shear stress is 0.58 kg/mm^2 . Meanwhile, the maximum stress on the frame under static load is 1.13 kg/mm^2 , which remains below the allowable stress value of 8.54 kg/mm^2 .

Keywords: Frame, Pipe, Tensile Stress, Shear Stress.

PENDAHULUAN

Perkembangan industrialisasi di era modern menuntut setiap proses produksi berlangsung secara cepat, tepat, dan efisien. Dunia industri juga dituntut memiliki sumber daya manusia yang kompeten serta mampu memanfaatkan teknologi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil kerja. Salah satu proses penting dalam bidang manufaktur dan konstruksi adalah pengerolan pipa, yang berfungsi untuk membentuk pipa sesuai kebutuhan desain, seperti pada pembuatan kanopi, pagar tralis, jendela, dan komponen otomotif seperti knalpot [1].

Pada kenyataannya, proses pengerolan pipa di banyak bengkel konvensional masih dilakukan secara manual menggunakan tenaga manusia [2]. Hal ini menyebabkan waktu produksi yang lama, hasil yang kurang seragam, serta tingkat efisiensi yang rendah. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya inovasi berupa mesin roll pipa otomatis yang mampu meningkatkan efisiensi, ketepatan, dan kenyamanan kerja operator [3], [4]. Dengan pemanfaatan sistem penggerak motor listrik, mesin diharapkan dapat mempercepat proses pengerjaan sekaligus menghasilkan bentuk pipa yang lebih presisi dan konsisten [5], [6].

Dalam pengembangan mesin roll pipa, struktur rangka menjadi salah satu komponen utama yang menentukan kekuatan dan stabilitas alat. Rangka berfungsi sebagai penopang bagi seluruh komponen mesin, sehingga harus memiliki

kekakuan dan ketahanan yang baik terhadap beban statis maupun dinamis. Desain rangka yang tidak sesuai dapat menyebabkan deformasi, penurunan akurasi kerja, bahkan kerusakan pada mesin. Oleh karena itu, analisis terhadap kekuatan rangka dan sambungan las diperlukan untuk memastikan keamanan dan keandalan struktur mesin [7], [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kekuatan rangka mesin roll pipa otomatis dengan kapasitas pengerolan pipa berdiameter $\frac{3}{4}$ inci. Analisis difokuskan pada kekuatan sambungan las dan daya tahan rangka terhadap beban statis guna menghasilkan desain yang efisien, kuat, dan dapat diimplementasikan dalam skala industri kecil maupun menengah.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan mesin roll pipa sebagai objek utama perancangan dan analisis kekuatan rangka. Bahan uji yang digunakan adalah pipa baja galvanis berdiameter $\frac{3}{4}$ inci, yang mewakili ukuran pipa yang umum digunakan dalam aplikasi industri ringan seperti pagar tralis dan kanopi.

Perancangan rangka mesin dilakukan dengan memperhatikan aspek kekuatan struktural dan kestabilan rangka terhadap beban yang bekerja selama proses pengerolan. Proses penyambungan rangka menggunakan metode pengelasan SMAW dengan elektroda RD260, sedangkan material utama rangka adalah baja siku ST 37 karena memiliki sifat mekanik yang baik dan mudah dikerjakan.

Prosedur Penelitian

Langkah-langkah penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1. Secara umum, proses dimulai dari pembuatan rangka mesin roll pipa, kemudian dilanjutkan dengan perakitan komponen mesin, perhitungan kekuatan rangka, dan diakhiri dengan analisis hasil perhitungan.



Gambar 1. Diagram Proses Perhitungan Kekuatan Rangka Mesin Roll Pipa

1. Membuat rangka mesin roll pipa
Tahap awal meliputi perancangan dan pembuatan rangka menggunakan baja siku ST 37. Dimensi dan bentuk rangka disesuaikan agar mampu menopang seluruh komponen mesin serta menahan beban kerja selama proses pengerolan.
2. Merakit komponen mesin roll pipa
Setelah rangka selesai dibuat, dilakukan perakitan komponen utama seperti motor listrik, sistem transmisi, dan rol penekan. Semua komponen dipasang pada rangka untuk memastikan posisi dan keseimbangan struktur sesuai desain.

3. Proses perhitungan kekuatan rangka

Tahap ini mencakup analisis terhadap sambungan las dan pembebanan statis pada rangka. Parameter yang dihitung meliputi tegangan tarik dan tegangan geser untuk menentukan kemampuan rangka menahan beban kerja.

a. Perhitungan Tegangan Tarik dan Geser Sambungan Las

Tegangan yang terjadi pada sambungan las dihitung menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

Di mana:

σ : Tegangan tarik (kg/mm²)

P : Gaya tarik yang bekerja (kg)

A : Luas penampang las (mm²)

Untuk sambungan las yang mengalami gaya geser, digunakan persamaan:

$$\tau = \frac{P}{A}$$

Di mana:

σ : Tegangan geser (kg/mm²)

P : Gaya geser (kg)

A : Luas penampang las (mm²)

Nilai tegangan yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan tegangan izin material agar sambungan las dapat dinyatakan aman.

b. Perhitungan Tegangan pada Rangka

Tegangan maksimum pada rangka akibat beban statis dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma_{maks} = \frac{M \times y}{I}$$

dengan:

σ_{maks} : Tegangan maksimum (kg/mm²)

M : Momen lentur maksimum (kg·mm)

y : Jarak dari sumbu netral ke serat terluar (mm)

I : Momen inersia penampang (mm⁴)

Nilai momen lentur dihitung berdasarkan gaya yang bekerja pada titik kritis rangka:

$$M = F \times L$$

Di mana:

F : Gaya atau beban (kg)

L : Panjang lengan momen (mm)

Dari hasil perhitungan ini, nilai tegangan aktual dibandingkan dengan tegangan izin material, yang ditentukan berdasarkan faktor keamanan (safety factor) material ST 37. Jika $\sigma_{maks} < \sigma_{ijin}$, maka struktur rangka dinyatakan aman terhadap beban yang bekerja.

4. Lihat hasil perhitungan

Hasil analisis kemudian dievaluasi untuk menentukan apakah desain rangka telah memenuhi kriteria kekuatan dan keamanan. Nilai tegangan tarik, geser, dan lentur dibandingkan dengan batas izin material untuk memastikan struktur tidak mengalami deformasi atau kegagalan selama beroperasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN**Konstruksi Rangka Mesin Roll Pipa**

Rangka utama mesin roll pipa dirancang dengan dimensi panjang 710 mm, lebar 500 mm, dan tinggi 970 mm. Material yang digunakan untuk konstruksi rangka adalah baja siku ST 37 dengan ukuran 40×40×3 mm. Pemilihan baja ST 37 didasarkan pada kekuatan mekanik yang baik, kemudahan dalam proses pengelasan, serta ketahanan terhadap deformasi saat menahan beban kerja mesin. Rangka berfungsi sebagai penopang utama seluruh komponen

mesin seperti motor listrik, rol penekan, dan sistem transmisi, sehingga harus memiliki kekakuan dan kestabilan yang optimal.

Analisis Kekuatan Sambungan Las

Analisis kekuatan sambungan las dilakukan untuk mengetahui kemampuan sambungan dalam menahan gaya tarik dan gaya geser yang bekerja selama mesin beroperasi. Data hasil perhitungan kekuatan sambungan las disajikan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Kekuatan Sambungan Las

No	Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Tebal lasan	2,1	mm
2	Panjang lasan	56,5	mm
3	Luas kampuh lasan	83,8	mm ²
4	Tegangan tarik las	0,63	kg/mm ²
5	Tegangan tarik izin las	9,28	kg/mm ²
6	Tegangan geser las	0,58	kg/mm ²
7	Tegangan geser izin las	9,28	kg/mm ²

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa tegangan tarik sambungan las sebesar 0,63 kg/mm², sedangkan tegangan geser sebesar 0,58 kg/mm². Kedua nilai ini jauh lebih kecil dibandingkan tegangan izin material las sebesar 9,28 kg/mm². Secara matematis, kondisi keamanan sambungan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\sigma_{aktual} < \sigma_{izin} \text{ dan } \tau_{aktual} < \tau_{izin}$$

$$0,63 < 9,28 \text{ dan } 0,58 < 9,28$$

Maka dapat disimpulkan bahwa sambungan las aman terhadap beban kerja, dan tidak menunjukkan potensi kegagalan akibat gaya tarik maupun geser selama proses pengerolan berlangsung.

Analisis Kekuatan Rangka terhadap Beban Statis

Perhitungan kekuatan rangka dilakukan untuk mengetahui sejauh mana struktur mampu menahan beban statis yang diterima selama operasi. Data hasil perhitungan disajikan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Kekuatan Rangka Akibat Beban Statis

No	Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Momen bending	6256,25	kg·mm
2	Momen inersia	61003	mm ⁴
3	Centroid	11,11	mm
4	Tegangan rangka maksimal	1,13	kg/mm ²
5	Tegangan izin maksimal	8,54	kg/mm ²

Sehingga diperoleh nilai:

$$\sigma_{maks} = \frac{6256,25 \times 11,11}{61003} = 1,13 \text{ kg/mm}^2$$

Nilai tersebut lebih kecil dari tegangan izin material ST 37 sebesar 8,54 kg/mm², yang berarti:

$$\sigma_{maks} < \sigma_{izin}$$

$$1,13 < 8,54$$

Dengan demikian, rangka mesin roll pipa dinyatakan aman dan mampu menahan beban statis yang timbul selama proses pengerolan berlangsung.

Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa baik sambungan las maupun struktur rangka memenuhi syarat keamanan terhadap beban yang bekerja. Tegangan aktual yang terjadi hanya sekitar 7–13% dari batas izin material, sehingga memberikan faktor keamanan yang cukup tinggi.

Kinerja struktural yang baik ini menegaskan bahwa penggunaan baja siku ST 37 berukuran 40×40×3 mm sudah sesuai untuk aplikasi mesin roll pipa dengan kapasitas pengerolan pipa galvanis ¾ inci. Selain itu, metode pengelasan SMAW dengan elektroda RD260 terbukti memberikan kekuatan sambungan yang memadai dan seragam.

Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rancangan rangka mesin roll pipa yang diuji telah memenuhi kriteria kekuatan, kestabilan, dan keamanan struktur, serta dapat diterapkan untuk mendukung proses produksi industri kecil dan menengah yang membutuhkan efisiensi pengerjaan pipa.

KESIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun mesin roll pipa ini telah melalui tahap perhitungan dan perencanaan yang sesuai. Hasil analisis menunjukkan bahwa sambungan las memiliki tegangan tarik sebesar $0,63 \text{ kg/mm}^2$ dan tegangan geser $0,58 \text{ kg/mm}^2$, keduanya lebih kecil dari tegangan izin $9,28 \text{ kg/mm}^2$, sehingga sambungan las dinyatakan aman. Pada rangka baja siku ST 37 ($40 \times 40 \times 3 \text{ mm}$) diperoleh tegangan maksimum $1,13 \text{ kg/mm}^2$, lebih kecil dari tegangan izin $8,54 \text{ kg/mm}^2$, sehingga rangka dinyatakan mampu menahan beban statis yang bekerja.

Perlu dilakukan pengujian langsung terhadap rangka untuk membandingkan hasil perhitungan dengan kondisi nyata serta pengembangan desain menggunakan sistem penggerak otomatis agar proses pengerolan pipa lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Soy and İ. Toy, "Design and implementation of smart pressure sensor for automotive applications," *Measurement*, vol. 176, p. 109184, 2021, doi: 10.1016/j.measurement.2021.109184.
- [2] A. Abbas, D. Prumanto, and H. Budiarto, "Analysis and Manufacture of Pipe Roll Bending Machine," *Int. J. Multiscience*, vol. 2, no. 09, pp. 70–76, 2021.
- [3] C. Gowda, D. Desai, P. Gowda, H. RJ, and N. Jayashankar, "Metal Sheet Bending and Pipe Bending Machine," *Int. J. Innov. Res. Technol.*, vol. 9, no. 11, pp. 93–96, 2023.
- [4] S. Ariyanti, L. Widodo, M. Zulkarnain, and K. Timotius, "Design Work Station of Pipe Welding with Ergonomic Approach," *SINERGI*, vol. 23, no. 2, pp. 107–114, 2019, doi: 10.22441/sinergi.2019.2.003.
- [5] Sunarto, Sisworo, and A. Z. Prasjo, "Rancang Bangun Mesin Roll Bending Pipa Evaporator Freezer Kapal Dengan Motor Listrik 1 HP," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 13, no. 3, pp. 105–108, Dec. 2018, doi: 10.32497/rm.v13i3.1280.
- [6] S. Nurdin, R. N. I. Dinnullah, and L. A. Firmansyah, "Perancangan dan Uji Mesin Pembengkok Rol (Roll Bending Machine) Untuk Pipa Galvanis," *Rainstek J. Terap. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 4, pp. 265–271, 2021, doi: 10.21067/jtst.v3i4.6358.
- [7] M. Imran and R. G. Verma, "Fatigue Analysis of Welded Joint Using Ansys: A Review Study," *Int. J. Sci. Res. Eng. Trends*, vol. 7, no. 6, pp. 3234–3242, 2021.
- [8] T. Prahasto *et al.*, "Static analysis of welded joint on bus chassis using finite element method," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2706, no. 1, p. 20069, May 2023, doi: 10.1063/5.0120620.