

PERANCANGAN *JIG WELDING* PADA PROSES PENGELASAN *PIPE DIFFUSER* UNTUK MENGURANGI PERUBAHAN BENTUK PADA PENGELASAN

Sambas¹, Sigit Widiyanto²,

¹Mahasiswa STT Duta Bangsa

²Dosen STT Duta Bangsa

Program Studi Teknik Mesin Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
Jl. Kalibaru Timu Kel. Kalibaru Medan Satria Kota Bekasi (kampus A)
Jl. Pulau Kapuk, Mekarmukti, Kec. Cikarang Utara, Kabupaten Bekasi (kampus B)
Email: widiyantosigit997@gmail.com ; sambass424@gmail.com

ABTRAK: Tujuan dalam perancangan ini adalah perlunya pengembangan *jig welding* yang mampu memberikan stabilitas, presisi, dan kontrol gaya yang lebih optimal selama proses pengelasan. Penelitian ini berfokus pada perancangan *jig welding* yang dapat menahan posisi pipa secara stabil, meminimalkan distorsi, dan meningkatkan mutu hasil las melalui sistem penjepitan yang terukur.

Metode penelitian mencakup pengumpulan data proses, perancangan konsep, pemodelan CAD, serta analisis gaya *clamping*, kekuatan material, tegangan sisa, faktor keamanan, dan evaluasi tiap komponen.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kebutuhan gaya *clamping* mencapai 1166 N, dengan dua *cylinder pneumatic* SDA 40×50 masing – masing gaya 753,6 N x 2 memberikan total gaya 1.507,2 N, sehingga melampaui kebutuhan 1.166 N, yang artinya sangat aman pada sistem penjepitan yang terukur. Analisis struktur juga menunjukkan bahwa *base plate* S45C aman terhadap beban 1749,98 N, *clamp*/pencekam memiliki faktor keamanan 4,1, dan baut M6 tetap berada dalam batas aman.

Secara keseluruhan, rancangan *jig welding* yang dibuat mampu meningkatkan kestabilan benda kerja dan memenuhi kebutuhan kekuatan, namun masih diperlukan optimasi pada pemilihan *cylinder* agar performa penjepitannya sesuai standar yang dibutuhkan.

Kata Kunci: *Jig Welding*, *Pipe Diffuser*, Gaya *Clamping*, Distorsi Pengelasan.

Pendahuluan

Proses pengelasan (*welding*) memegang peranan penting dalam industri manufaktur, terutama untuk komponen pipa seperti *pipe diffuser*[7]. Perubahan bentuk pada pengelasan yang timbul selama pengelasan dapat menyebabkan distorsi, cacat las, dan penurunan kekuatan sambungan [5][6][13]. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa penggunaan *jig welding* dapat meningkatkan stabilitas dan akurasi posisi benda kerja [2], [3]. Namun, aplikasi khusus untuk *pipe diffuser* masih terbatas[4][8].

Tujuan penelitian ini adalah merancang *jig welding* yang dapat mengurangi getaran, meningkatkan

kualitas las, dan mempercepat proses produksi [1][3][17]. Jig dirancang menggunakan *software CAD* dan dievaluasi melalui simulasi teknis meliputi analisis gaya penjepit, kekakuan struktur, defleksi [9][10].

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi masalah diatas, maka rumusan masalah yang akan menjadi acuan dalam rancang bangun *jig welding* adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang *jig welding* untuk menahan *pipe diffuser* saat pengelasan?
2. Bagaimana *jig welding* dapat mengurangi bentuk pada saat proses pengelasan *pipe diffuser* ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga fokus dan kedalaman penelitian, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Penelitian hanya difokuskan pada proses pengelasan pipa *diffuser* yang dilakukan di line produksi.
2. Perancangan *jig* difokuskan pada aspek mekanis, seperti sistem penjepitan, penyesuaian posisi, dan kestabilan benda kerja selama proses pengelasan, tanpa melibatkan otomatisasi atau integrasi sistem kontrol elektronik.
3. Evaluasi efektivitas jig terbatas pada peningkatan efisiensi waktu proses set-up serta kestabilan saat pengelasan, berdasarkan simulasi dan/atau uji coba terbatas.
4. Material jig yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan dan standar material yang umum digunakan di industri manufaktur.

1.4 Tujuan Perancangan

Tujuan yang di harapkan dari penulisan skripsi ini, adalah sebagai berikut:

1. Merancang *jig welding* yang mampu menahan posisi *pipe diffuser* secara stabil selama proses pengelasan.
2. Mengurangi perubahan bentuk (distorsi) pada pengelasan *pipe diffuser* melalui penerapan sistem penjepitan yang terukur.

I. LANDASAN TEORI

1. Pengelasan

Pengelasan adalah proses menggabungkan dua atau lebih logam dengan cara menghilangkan ujung dari logam yang dibongkar, dengan atau tanpa logam pengisi. Dalam industri manufaktur, khususnya dalam proses pembuatan pipa, pengelasan merupakan salah satu proses yang paling penting karena menentukan integritas struktural dan kekuatan yang dicapai [12][3].

Jenis pengelasan yang umum digunakan antara lain:

- SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)
- GMAW (*Gas Metal Arc Welding*)
- TIG (*Tungsten Inert Gas Welding*)

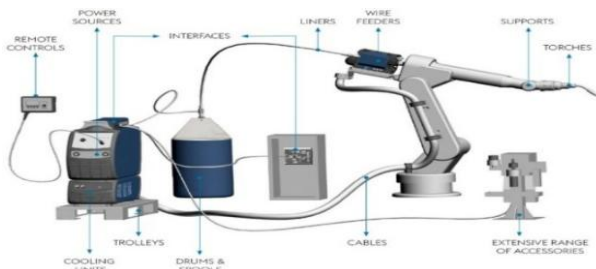


Gambar 2. 1 Welding Robot MIG OTC FD V6 500A
Sumber : PT XYT

Menurut Alip (1989), Mengelas adalah suatu kegiatan yang melibatkan penyambungan dua bagian logam atau lebih spesifiknya cara menyambung atau menghubungkan dua bagian tersebut sehingga membentuk suatu benda yang utuh. Penyambungan dapat dilakukan dengan atau tanpa titik cair atau struktur yang serupa atau berbeda (logam pengisi) [3][13].

2. Prinsip Kerja Pengelasan

Prinsip Kerja Pengelasan Prinsip dasar kerja pengelasan adalah proses penguraian dua logam atau lebih dengan menggunakan panas yang sesuai untuk menghancurkan logam dari area yang akan dibongkar, sehingga menghasilkan logam yang berkualitas tinggi setelah diperbaiki (2) [5].



Gambar 2. 2 Prinsip Pengelasan Robot

3. Pengertian Jig Welding

Jig welding merupakan perangkat penunjang dalam proses pengelasan yang berfungsi untuk memegang, memposisikan, dan mengatur letak benda kerja agar tetap pada posisi yang diinginkan. Alat ini dibuat dengan tujuan menjaga kestabilan komponen selama pengelasan, sehingga hasil sambungan las menjadi lebih tepat dan rapih [17]. Selain itu, *jig welding* berperan penting dalam mengurangi getaran dan mencegah pergeseran benda kerja, terutama pada komponen berbentuk silinder atau pipa seperti *pipe diffuser*.

Manfaat utama penggunaan jig:

- ❖ Menjaga kestabilan benda kerja
- ❖ Meminimalkan variasi akibat kesalahan manusia.
- ❖ Mempercepat waktu set-up
- ❖ Meningkatkan efisiensi dan keselamatan kerja

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan perancangan dan pengembangan (*design and development*) untuk menciptakan sebuah *jig welding* yang efektif [11]. Alur metodologi penelitian diilustrasikan pada Gambar 1.

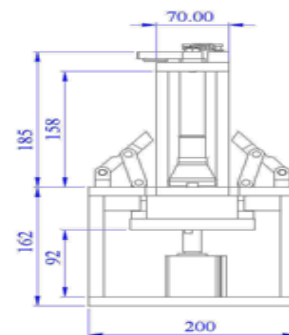
A. Survey Lapangan dan Pengumpulan Data

Dilakukan untuk mengidentifikasi sumber getaran dan mode kegagalan pada proses pengelasan *pipe diffuser* [2][5].

B. Studi Literatur dan pengumpulan data

Mengacu pada teori kekuatan bahan [7][9][16], perancangan jig [12][13], serta karakteristik material S45C, SS400 dan SUS409L.

C. Perancangan Konseptual dan Detail



Gambar 3. 6 Konsep jig welding

C. Analisis Teknis

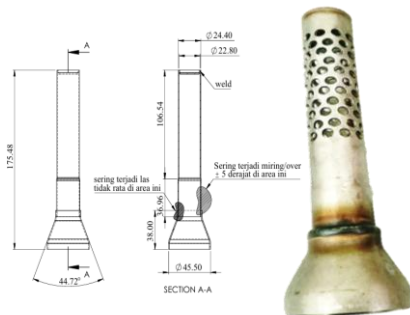
Desain jig dievaluasi melalui serangkaian analisis teknis untuk memastikan keamanan dan keefektifannya sebelum proses pembuatan. Analisis yang dilakukan meliputi:

1. Analisis tegangan sisa pengelasan.
2. Analisis perhitungan gaya penjepit dan gaya total clamp (*Clamping Force*) optimal untuk mencegah slip.
3. Analisis perhitungan gaya pneumatik
4. Analisis perhitungan konstruksi *jig welding*.

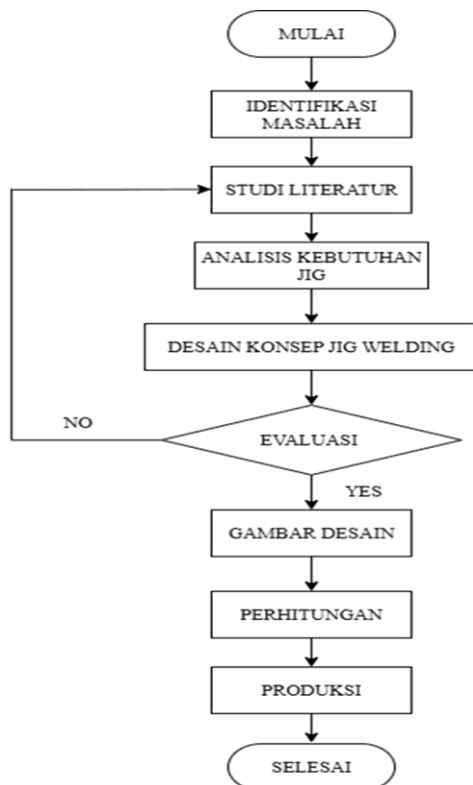
D. Alat dan Bahan

Pembuatan jig memanfaatkan mesin konvensional (bor, gerinda) dan CNC. Bahan yang digunakan adalah material yang telah ditentukan dalam tahap perancangan, dengan pengikat berupa baut M6 grade 8.8 [11].

E. Produk Pipe Diffuser.



Gambar 3. 4 Produk pipe diffuser.



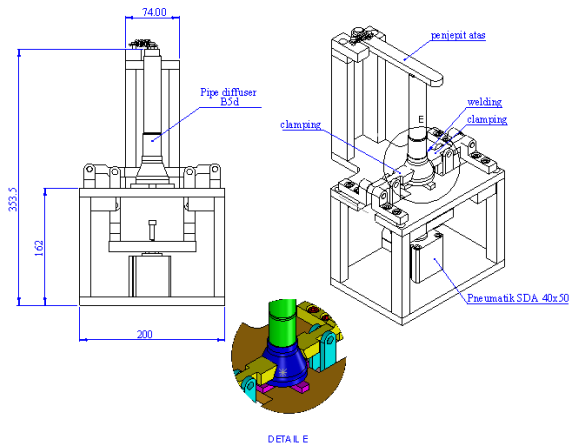
Gambar 3. 1 Diagram alir perancangan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Akhir Jig Welding

Hasil akhir perancangan berupa jig welding 3D model yang terdiri dari rangka utama, base plate, dan sistem clamp pneumatik (Gambar 2). Hasil rancangan menunjukkan konfigurasi frame jig berbahan SS400 dengan sistem penjepitan pneumatik menggunakan silinder tipe SDA 40×50. Desain ini memungkinkan

distribusi gaya yang merata dan respon penjepitan cepat [1][3][9].

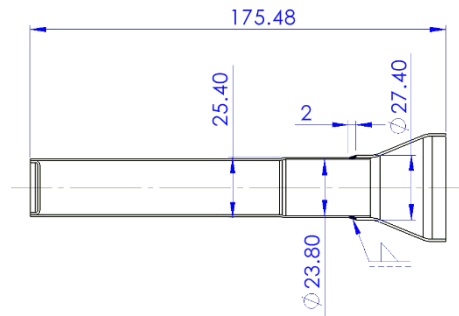


Gambar 2. Desain Akhir Assembly Jig Welding

B. Perhitungan Desain Jig Welding

Untuk menghitung tegangan sisa pengelasan yang pertama di hitung adalah Perhitungan gaya pada tegangan sisa pengelasan [6].

Untuk menghitung/menentukan gaya pada saat proses pengelasan di ambil dari data produk yang mau di las yaitu :



Gambar 4. 1 Gambar data produk pipa difuser

Rumus Umum:

$$f = \frac{T \cdot C}{J_w} \quad (\text{Sumber : Section 13 Manufacturing Processes})$$

Diketahui Data Produk :

$$d_1 = 23.80 \text{ mm}$$

$$D_2 = 27.40 \text{ mm}$$

$$Ll = 25.40 \text{ mm}$$

$$J_w = 2 \text{ mm}$$

$$W = 4.9 \text{ N (berat produk)}$$

$$g = 9.8 \text{ m/s}^2 \text{ (percepatan gravitasi)}$$

$$\sigma_i = 170 \text{ (tegangan luluh material)}$$

$$F_{target} = 500 \text{ N}$$

$$\sigma_{sisa} = \dots\dots\dots?$$

$$\sigma_{ijin} = \dots\dots\dots?$$

Rumus :

$$f = \frac{T \cdot C}{J_w}$$

Dimana :

F = Gaya (N)

TC = Torsi atau hasil gaya tekan x jarak (N.mm)

J_w = Jarak Pengelasan

❖ Mencari T_c agar $F = 500$ N :

$$T_c = F \times J_w$$

$$T_c = 500 \times 2 = 1000 \text{ N}$$

$$T_c = 1000 \text{ N.mm}$$

Sehingga $F = TC/J_w = 1000/2 = 500$ N

$$F = 500 \text{ N}$$

Dimana :

F = Massa x jarak

$F = 500 \times 2$ (Karena pengelasan terjadi pada dua sisi)

$$F = 1000 \text{ N}$$

Jadi gaya pada saat proses pengelasan yaitu sebesar = 1000 N

❖ Menghitung Tegangan pada pengelasan (σ_s) :

$$\text{Rumus : } \sigma_s = \frac{F_{\text{total}}}{A}$$

Luas Penampang (A)

$$A = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4} (27.40^2 - 23.80^2) \text{ mm}^2$$

$$A = 144.765 \text{ mm}^2$$

Tegangan pada Pengelasan

$$\sigma_s = \frac{F}{A} = \frac{500 \text{ N}}{144.765 \text{ mm}^2} = 3.45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = 3.45 \text{ MPa}$$

Jadi tegangan pada pengelasan sebesar 3.45 MPa [6][9].

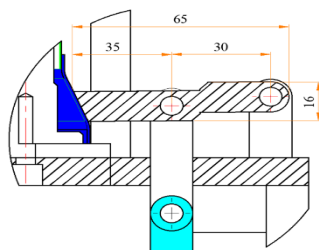
❖ Tegangan ijin dari pengelasan 0.6×170 (Tegangan luluh material)

$$\sigma_{\text{ijin}} = 0.6 \text{ (Dari tabel 4.3)} \times 170 \text{ (dari tabel 4.1)}$$

$$\sigma_{\text{ijin}} = 102 \text{ MPa}$$

C. Gaya Penjepit (Clamping Force)

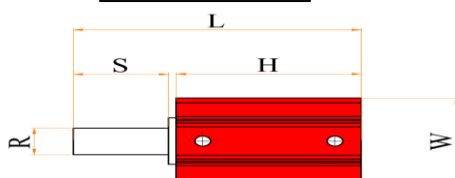
Setelah nilai gaya yang bekerja pada saat pengelasan diketahui, selanjutnya menghitung gaya yang bekerja pada clamping [17]. Sebelum mulai menghitung kita dapat melihat detail konstruksi clamp pada gambar 4.7 dan gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4. 2 Clamp penjepit

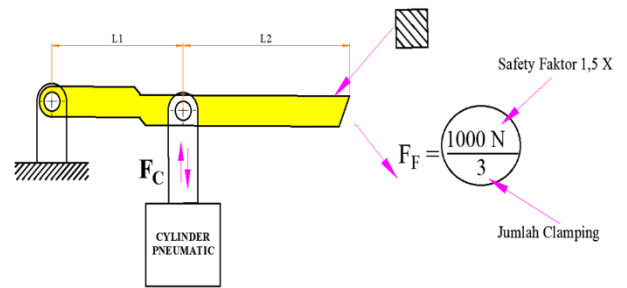
Rumus perhitungan clamping :

$$\sum M = 0$$



$$F_C \times L_1 = F_F \times L_2$$

$$F_C = \frac{F_F \times L_2}{L_1}$$



Gambar 4. 3 Kontruksi gaya clamping

$$F_F = \frac{1000 \text{ N}}{3 \text{ (jumlah clamping)}}$$

$$F_F = 333.33 \text{ N}$$

$$L_1 = 30 \text{ mm}$$

$$L_2 = 35 \text{ mm}$$

S45C (konservatif $\sigma_y = 343$ MPa) Sumber: JIS G4051 / data sheet

SF	$\sigma_{\text{ijin}} \text{ (MPa)} = N/mm^2 \text{ (}\sigma_y = 343 \text{ MPa)}$
1,5	$343 / 1,5 = 228,67$

Jadi dapat dihitung sehingga :

$$F_{Ct} = 388,85 \text{ N} \times 3$$

$$F_{Ct} = 1166,55 \text{ N} = 1166 \text{ N}$$

D. Perhitungan Gaya Total Proses Clamping

Selama proses pengelasan distribusi simetris pada ketiga penjepit memastikan kestabilan posisi kerja. Penggunaannya masih sangat aman.

$$F_{Ct} = F_C \times S_f \text{ (dari tabel)}$$

Keterangan :

$$F_{Ct} = \text{Gaya Total (N)}$$

$$F_C = \text{Gaya Cylinder (N)}$$

$$S_f = \text{Safety Factor}$$

Dimana :

$$F_C = 388,85 \text{ N}$$

$$S_f = 1,5$$

E. Perhitungan Gaya Clamping Penumetik yang digunakan

Dalam merancang jig welding untuk pipa diperlukan data perhitungan gaya yang bekerja pada proses pengeleman sebelum menentukan jenis cylinder yang digunakan serta kekuatan yang dibutuhkan untuk menahan gaya yang muncul saat pengelasan agar produk tetap stabil [7][10].

Gambar 4. 14 Detail Pneumatik SDA 40X50

Diket :

$$p = 0.6 \text{ Mpa}$$

$$A = 0,00125 \text{ mm}^2 \text{ dengan}$$

$$\varnothing \text{ piston} = 40 \text{ mm, dimana } r \text{ piston} = 16 \text{ mm}$$

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

$$A = \frac{3.14 \times 40^2}{4} = 1256 \text{ mm}^2$$

Ditanya F?

$$\text{Jawab: } F = p \times A$$

$$= 0.6 \text{ MPa} \times 1256 = 753,6 \text{ N}$$

$$= 753,6 \text{ N} \times 2 = 1.507,2 \text{ N}$$

F. Perhitungan Kontruksi Jig Welding

Menghitung tegangan bengkok pada batang penyangga dengan material penyangga SS400 dengan ukuran balok 20 mm , Panjang 1138mm.

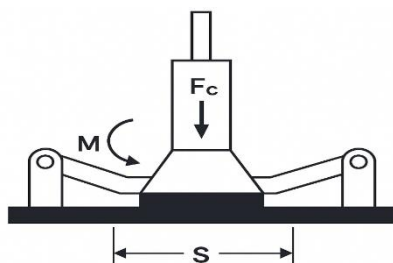
Rumus :

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

Dimana : τ_c = Tegangan akibat gaya (MPa)
 P = Gaya Tekan (N)
 A = Luas Penampang (mm²)

Dengan :

$$A = b \times h$$



Gambar 4. 18 Diagram benda bebas konstruksi jig

$$A = b \cdot h$$

$$A = 20 \times 20 = 400 \text{ mm}^2 \text{ (material kotak)}$$

$$A = 400 \text{ mm}^2$$

Mencari tegangan akibat gaya (N)

$$\tau_c = P/A = P/400$$

$$\tau_c = (333.33 \text{ (Gaya tekan clamp)}) / 400$$

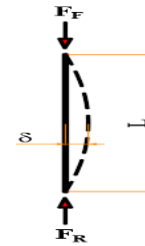
$$\tau_c = 0.83 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_c = 0.83 \text{ MPa} < 400 \text{ MPa (tegangan tarik material SS400)}$$

$$\sigma_{ijin} = 0.6 \times 400 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{ijin} = 240 \text{ MPa}$$

Menghitung defleksi pada batang penyangga :



Gambar 4. 19 Diagram benda bebas perhitungan defleksi batang penyangga

Rumus :

$$\delta = \frac{P \cdot L}{A \cdot E}$$

$$\delta = \frac{1000 \times 138}{400 \times 100000}$$

$$\delta = \frac{138000}{40.000.00}$$

$$\delta = 0.00345$$

Jadi defleksi yang terjadi sangat kecil yaitu 0.00345 mm [14][16].

BAB V.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. **Kesimpulan**
2. Jig welding terbukti mampu menahan posisi pipe diffuser B5D dengan stabil karena kebutuhan gaya penjepitan sebesar 1.166 N telah terpenuhi melalui tiga clamp yang masing – masing bekerja dengan gaya 388,85 N x 3 menghasilkan gaya 1.166.55, yang artinya sangat aman selama proses pengelasan.
3. Mengurangi distorsi dengan dua cylinder pneumatic SDA 40×50 masing – masing gaya 753,6 N x 2 memberikan total gaya 1.507,2 N, sehingga melampaui kebutuhan 1.166 N, yang artinya sangat aman pada sistem penjepitan yang terukur.
4. Rancangan jig meningkatkan presisi dan kekuatan konstruksi, terbukti dari perhitungan base plate material S45C dengan beban total 1749,98 N yang masih berada dalam batas aman berdasarkan momen lentur dan tegangan izin material.
5. Komponen penjepit dinyatakan aman terhadap beban pengelasan, dibuktikan dengan tegangan geser gabungan clamp sebesar 164,53 N/mm² dengan safety factor 4,1, memastikan clamp tidak mengalami deformasi saat menahan gaya selama proses pengelasan.
6. Sistem pengikat jig telah memenuhi standar keamanan dimana baut dengan diameter inti minimum 5 mm (M6) aman menahan beban rencana 142,66 kg, karena tegangan geser ulir

hanya 0,0378 kg/mm², jauh di bawah batas izin 3 kg/mm².

[1][7][9][10].

2 Saran

1. Tingkatkan rigiditas rangka dan clamp guna mengurangi defleksi saat pengelasan.
2. Optimalkan base plate dengan penebalan atau stiffener untuk mengurangi deformasi.
3. Lakukan pemeriksaan rutin baut M6 agar tidak terjadi kelelahan material dalam penggunaan berulang.
4. Sesuaikan tekanan pneumatik melalui uji coba agar clamp tetap stabil dan distorsi las berkurang.

2007.

- [15] Y. S. Lim, S. H. Kim, and K. J. Lee, "Effect of Residual Stress on the Mechanical Properties of FSW Joints with SUS409L," *Advances in Materials Science and Engineering*, vol. 2018, Article ID 9794865, 2018.
- [16] F. L. Singer and A. Pytel, *Kekuatan Bahan (Teori Kokoh - Strength of Materials)*, 2nd ed. Jakarta: Penerbit, Erlangga, 1985.
- [17] E. H. Hoffman, *Jig and Fixture Design*, 4th ed. London: Delmar Publishers, 1996.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Ulfah, R. Hakim, and M. Tri Adelitho, "Rancang Bangun Jig & Fixture untuk Pipe Fitting Steel Concentric Reducer pada Mesin Bevel Pipa," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 19, 2023.
- [2] M. Agus Sutanto, *Teknik Manufaktur I Proses-Proses Pemessinan*. Kota Solok: PT Mafy Media Literasi Indonesia, 2024.
- [3] A. Indra Komara and Syaleh, "Studi Perancangan Welding Fixture untuk Pengelasan Bevel Gear Support dan Motor Drive Support pada Transformator," *Jurnal Rekayasa Sistem dan Industri*, vol. 10, no. 2, pp. 123-134, 2022.
- [4] Abd. Hakim, *Teknik Pengelasan*. Yogyakarta: Penerbit, Andi, 2020.
- [5] Allpro.co.id, "Pengertian Pengelasan: Metode, Proses, dan Istilah, Lainnya," [Online]. Available: <https://www.allpro.co.id/pengelasan/smaw/> [Accessed: 22-Aug-2025].
- [6] Tim Penulis, "Perhitungan Distribusi Tegangan Sisa Pengelasan Sambungan-T Pada Instalasi Pipa," *Machine; Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, 2016.
- [7] W. A. Nash and M. C. Potter, *Strength of Materials*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2012.
- [8] H. Darmawan Harsokoesoemo, *Pengantar Perancangan Teknik*. Bandung: Penerbit ITB, 2004.
- [9] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House, 2005.
- [10] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: Pradnya Paramita, 1997.
- [11] M. M. Farag, *Materials and Process Selection for Engineering Design*, 3rd ed. London: CRC Press, 2014.
- [12] I. Mulyadi, *Buku Ajar Teknologi Pengelasan*. Sidoarjo: Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, 2020.
- [13] K. S. Susanta Kurniawan, *Dasar-Dasar Teknik Pengelasan dan Fabrikasi Logam*. Jakarta: Kemendikbud Ristek, 2023.
- [14] A. Purna Irawan, *Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur)*. Depok: Universitas Indonesia,