
Rancang Bangun *Jig and Fixture* Pembengkok Pipa Baja Untuk Pembuatan Rangka Meja Kelas

Pardi¹, Erwanto^{1*}, Nanda Pranandita¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : erwanto.polmanbabel@gmail.com

Received: 28 Juli 2026; Received in revised form: 2 Agustus 2026; Accepted: 4 Agustus 2026

Abstract

The process of bending steel pipes in making classroom table frames in many workshops is still carried out manually, resulting in less precise bending angles, inconsistent product quality, and low work efficiency. This study aims to design and make a jig and fixture for bending steel pipes as a tool to assist in the classroom table frame manufacturing process by applying the VDI 2222 method. The research stages include literature review, needs analysis, concept design, selection of design alternatives, making the tool, and testing the tool's performance. The testing was conducted on several types of steel pipes, namely galvanized pipes with thicknesses of 0.9 mm and 1.7 mm, as well as ST37 pipes with thicknesses of 1.4 mm and 1.7 mm. The results show that the designed jig and fixture can bend steel pipes up to a 90° angle while keeping the pipe stable during the bending process. The material and thickness of the pipe affect the quality of the bending results, where the thicker the pipe, the greater the force required and the higher the potential for wrinkles to form on the inside of the bend. A 1.4 mm thick ST37 steel pipe produces bending quality that is most suitable for making classroom table frames. Overall, the designed tool has fulfilled its function as a steel pipe bending aid, although further development is still needed on the forming and holding system to reduce bending defects and lower the operating force.

Keywords: jig_and_fixture; pipe_bending; ST37_pipe; classroom_table_frame; VDI_2222

Abstrak

Proses pembengkokan pipa baja dalam pembuatan rangka meja kelas pada banyak bengkel masih dilakukan secara manual sehingga menghasilkan sudut pembengkokan yang kurang presisi, kualitas produk yang tidak seragam, dan efisiensi kerja yang rendah. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membuat *jig and fixture* pembengkok pipa baja sebagai alat bantu dalam proses pembuatan rangka meja kelas dengan menerapkan metode VDI 2222. Tahapan penelitian meliputi studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan konsep, pemilihan alternatif desain, pembuatan alat, serta pengujian kinerja alat. Pengujian dilakukan terhadap beberapa jenis pipa baja, yaitu pipa galvanis dengan ketebalan 0,9 mm dan 1,7 mm serta pipa ST37 dengan ketebalan 1,4 mm dan 1,7 mm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *jig and fixture* yang dirancang mampu membengkokkan pipa baja hingga sudut 90° dengan posisi pipa yang stabil selama proses pembengkokan. Material dan ketebalan pipa berpengaruh terhadap kualitas hasil pembengkokan, di mana semakin besar ketebalan pipa maka semakin besar gaya yang dibutuhkan dan semakin tinggi potensi terbentuknya kerutan pada sisi dalam lengkungan. Pipa baja ST37 ketebalan 1,4 mm menghasilkan kualitas pembengkokan yang paling sesuai untuk kebutuhan pembuatan rangka meja kelas. Secara keseluruhan, alat yang dirancang telah memenuhi fungsi sebagai alat bantu pembengkok pipa baja, meskipun masih diperlukan pengembangan pada sistem pembentuk dan penahan untuk mengurangi cacat pembengkokan serta menurunkan gaya operasi.

Kata kunci: *jig_and_fixture*; pembengkok_pipa; pipa_ST37; rangka_meja_kelas; VDI_2222

1. PENDAHULUAN

Dalam industri furnitur Internasional, khususnya untuk furnitur pendidikan seperti meja dan kursi kelas, rangka dari pipa logam

sering dipakai karena memiliki kekuatan struktural yang besar, bobot cenderung lebih ringan, serta masa pakai yang lama [1].

Secara tren global, tren ini sejalan dengan penerapan praktik ekonomi sirkular dalam industri furnitur, dimana strategi desain yang berfokus pada ekonomi sirkular meningkatkan efisiensi sumber daya dan umur produk, termasuk mendesain ulang meja berbahan logam seperti pipa baja sebagai bagian dari solusi keberlanjutan Desember 2018 [3]. Namun demikian, proses pembuatan rangka meja kelas pada banyak bengkel kecil dan menengah masih dilakukan secara manual tanpa dukungan *jig and fixture* yang terstandarisasi, sehingga menghasilkan pembengkokan pipa yang kurang presisi, sudut yang tidak seragam, serta kualitas produk yang tidak konsisten [4]. Di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung, perkembangan usaha dan produksi furnitur logam semakin mendapat perhatian seiring dengan pertumbuhan UMKM serta meningkatnya kebutuhan akan fasilitas pendidikan yang berkualitas, di mana

industri global [2]. Menurut N. Ulfah dkk., perkembangan industri manufaktur global, khususnya di Indonesia, menunjukkan tren peningkatan yang signifikan, sebagaimana tercermin dari nilai Purchasing Manager's Index (PMI) Indonesia yang mencapai 50,4 pada November dan meningkat menjadi 51,2 pada kontribusi sub-sektor industri pengolahan terhadap pertumbuhan ekonomi regional termasuk produsen furnitur sangat dipengaruhi oleh adopsi inovasi dan kreativitas dalam proses produksi, seperti inovasi desain dan pemanfaatan material baru berupa pipa baja untuk memperluas ragam produk furnitur lokal [5]. oleh karena itu diperlukan perancangan dan pembuatan *jig and fixture* pembengkok pipa yang sederhana, ekonomis, dan fungsional guna meningkatkan akurasi, konsistensi, serta efisiensi proses produksi rangka meja kelas [6].

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini merupakan salah satu metode yang di kembangkan oleh asosiasi Insinyur Jerman yaitu Metode VDI 2222 [7]. Tahapan-tahapan dalam metode VDI 2222 tersebut meliputi tahap:

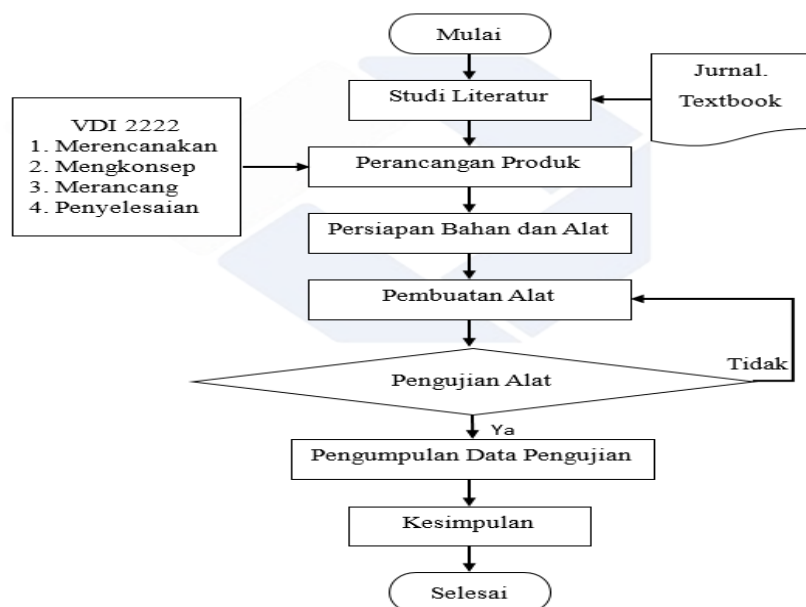
1. Merencanakan

2. Mengkonsep

3. Merancang

4. Penyelesaian [8]

Berikut adalah langkah-langkah dalam metode penelitian yang akan di laksanakan, sebagaimana di tunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan melalui observasi, pengukuran, dan uji coba alat. Observasi digunakan untuk menilai kemampuan penjepit dalam mengunci pipa selama proses pembengkokan, kemudahan perakitan dan pembongkaran komponen, serta kemudahan pelepasan hasil pembengkokan. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui kesesuaian sudut hasil pembengkokan dengan sudut yang

direncanakan dan mengevaluasi konsistensi hasil pembengkokan pada setiap pengujian. Selanjutnya, uji coba dilakukan menggunakan pipa baja ST37 dan pipa galvanis dengan beberapa variasi ketebalan untuk mengetahui kinerja *jig and fixture* dalam memenuhi daftar tuntutan yang telah ditetapkan.

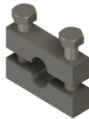
Tabel 1. Daftar Tuntutan

No	Tuntutan Utama	Deskripsi
1.	Alat mampu membengkok pipa sesuai dengan sudut yang diinginkan.	Sudut pembengkokan 90° menyesuaikan dengan kebutuhan pembuatan rangka meja kelas.
2.	Pipa harus terkunci dengan kuat selama proses pembengkokan.	Mencegah pergeseran dan slip saat proses pembengkokan berlangsung.
3.	Alat menghasilkan pembengkokan yang konsisten.	Setiap produk memiliki kualitas yang relatif sama.
No	Tuntutan Skunder	Deskripsi
1.	Komponen mudah di rakit dan di bongkar.	Memudahkan proses perawatan dan penggantian kompoenen.
2.	Hasil pembengkokan harus mudah dilepas.	Melepaskan pipa tanpa banyak membongkar komponen.

Tabel 2. Sub Fungsi Bagian

No	Fungsi Sistem	Deskripsi
1.	Sistem Pengarah	Berfungsi untuk mengarahkan gerakan pipa selama proses pembengkokan.
2.	Sistem Penepat	Berfungsi sebagai penentu lokasi awal pipa sehingga setiap proses pembengkokan menghasilkan ukuran sudut yang sama.
3.	Sistem <i>Clamp</i>	Berfungsi menjepit dan menjaga pipa agar tidak bergerak saat proses pembengkokan berlangsung.

Tabel 3. Alternatif Fungsi Bagian

Alternatif Fungsi Pengarah A1	Alternatif Fungsi Penepat B1	Alternatif Fungsi <i>Clamp</i> C1
 Matras <i>Bending</i> Kecil A2	 ½ Matras <i>Bending</i> B2	 <i>Clamp</i> Baut C2
 Pisau <i>Bending</i> A3	 Full Matras B3	 <i>Toggle Clamp</i> C3
 Bearing	 Elbow las besi 90°	 <i>Clamp</i> Ulir Vertikal

3.1 Pemilihan Alternatif Fungsi Bagian

Pemilihan alternatif fungsi bagian adalah tahap untuk menentukan beberapa solusi yang mungkin digunakan untuk memenuhi suatu fungsi pada produk yang dirancang,

Maka digunakanlah kotak morfologi. Alternatif yang di pilih adalah alternatif yang memiliki estimasi nilai yang tinggi.

Tabel 4. Kotak Morfologi

No	Fungsi Bagian	Varian Konsep (VK)		
		AF1	AF2	AF3
1.	Fungsi Sistem Pengarah	A1	A2	A3
2.	Fungsi Sistem Penepat	B1	B2	B3
3.	Fungsi sistem <i>Clamp</i>	C1	C2	C3
		VK1	VK2	VK3

A. Varian Konsep 1



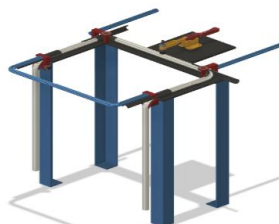
Gambar 2. Varian Konsep 1

Pada varian konsep 1 (VK1) Sistem pembengkok menggunakan matras *bending* kecil sebagai pengarah, full matras *bending* sebagai penepat, dan sistem *clamp* menggunakan *clamp* baut.

Prinsip kerja: Pipa di masukkan kedalam alur matras *bending* yang dimana matras ini

berfungsi sebagai dudukan utama sehingga posisi pipa tetap berada pada jalur pembengkokan. Setelah posisi titik telah di tentukan, *Clamp* baut di kencangkan sehingga pipa terkunci. Selanjutnya operator menggerakkan tuas sehingga menyebabkan matras *bending* kecil ikut berputar mengikuti porosnya.

B. Varian Konsep 2



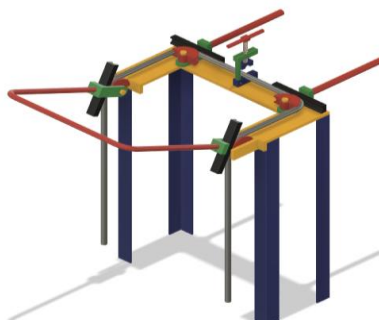
Gambar 3. Varian Konsep 2

Pada varian Konsep 2 (VK2) sistem pembengkok menggunakan pisau *bending* sebagai pengarah, elbow las besi 90° sebagai penepat, dan *toggle clamp* sebagai penjepit pipa.

Prinsip kerja: Proses pembengkokan diawali dengan menempatkan posisi pipa ke arah

elbow las besi, selanjutnya *toggle clamp* dioperasikan hingga menekan dan menjepit pipa yang kemudian tuas di tarik dan pisau *bending* pun bergerak mengikuti arah dari elbow las besi 90derajat.

C. Varian Konsep 3



Gambar 4. Varian Konsep 3

Pada varian konsep (VK3) Sistem pembengkok menggunakan pisau *bending* sebagai pengarah, $\frac{1}{2}$ matras *bending*

sebagai penepat, dan *clamp* ulir vertikal sebagai penjepit pipa.

Prinsip kerja: Pipa dimasukkan kedalam alur $\frac{1}{2}$ matras *bending* dan alur *clamp* agar posisi masing-masing mejadi satu sumbu, Kemudian tuas ulir di putar mengikuti lubang ulir. Bersamaan dengan gerakan tersebut

pisau *bending* akan memberi gaya tekan pada pipa. Sehingga pipa mengalami deformasi plastis secara bertahap hingga mencapai sudut yang di inginkan.

Tabel 5. Skala Penilaian Varian Konsep

4	3	2	1
Sangat Baik	Baik	Cukup Baik	Kurang Baik

Tabel 6. Kriteria Penilaian Teknis

No	Aspek yang dinilai	Bobot (100%)	VK						Total	
			VK1		VK2		VK3		Nilai ideal	
1.	Sistem Pembengkok	4	4	16	2	8	3	12	4	16
2.	Konstruksi dan Perakitan	4	1	4	1	4	3	12	4	16
3.	Perawatan	4	1	4	1	4	4	16	4	16
4.	Perbaikan	4	1	4	1	4	2	8	4	16
5.	Ergonomis	4	1	4	2	8	3	12	4	16
	Total	24		32		28		60	4	80
	% Nilai			40%		35%		75%		100%

Tabel 7. Kriteria Penilaian Ekonomis

No	Aspek yang dinilai	Bobot (100%)	VK1			VK		VK3		Total	
						VK2				Nilai ideal	
1.	Harga Material	4	1	4	1	4	3	12	4	16	
2.	Waktu Pengerjaan	4	1	4	2	8	3	12	4	16	
3.	Jumlah Komponen	4	1	4	3	12	2	8	4	16	
	Total	12		12		24		30		48	
	% Nilai			25%		50%		62.5%		100%	

3.2 Keputusan

Dari proses penilaian yang telah dilakukan seperti di atas, varian konsep yang telah dipilih adalah varian yang dengan presentasi hampir 100%. Dari varian konsep tersebut kemudian dioptimalkan subfungsi yang ada sehingga diperoleh hasil perancangan yang baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Varian yang dipilih adalah varian konsep 3 dengan nilai aspek teknis 75% dan aspek ekonomis

62,5% untuk ditindaklanjuti dan dioptimalkan dalam proses perancangan alat bantu pembengkok pipa besi untuk pembuatan rangka meja kelas.

3.3 Analisa Perhitungan

Tabel 8. Parameter Perhitungan

Parameter	Nilai
Material Pipa	ST 37
Diameter luar Pipa	19mm
Tebal Pipa	1.4mm
Diamter dalam Pipa	16,2mm
Sudut <i>Bending</i>	90°
Radius <i>Bending</i>	45mm
Diameter matras	90mm
Panjang Tuas	800mm/80cm
Diameter Poros	18,7mm

1. Menentukan Tegangan Luluh Material

Berdasarkan sifat mekanik baja ST37, tegangan luluh material sebesar

$$\sigma_y = 235 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2$$

Keterangan:

σ_y = Tegangan Luluh Material

MPa = Mega Pascal

N/mm² = Newton Per Milimeter Persegi

2. Menghitung Momen Pembengkokan

$$M = \sigma_y \times z$$

$$M = 235 \times 317,6$$

$$M = 74636 \text{ N/mm}$$

$$1000 \text{ N/mm} = 1 \text{ N/m}$$

$$M = \frac{74636}{1000}$$

$$M = 74,6 \text{ N/m}$$

Keterangan:

M = Momen Pembengkokan

N/mm = Newton Milimeter

N/m = Newton Meter

3. Menghitung Gaya Pembengkokan Tuas

$$M = F \times L$$

$$F = \frac{M}{L}$$

Diketahui:

$$M = 74636 \text{ N/mm}$$

$$L = 800 \text{ mm}$$

$$F = \frac{74636}{800}$$

$$F = 93,3 \text{ N}$$

Keterangan:

F = Gaya Pembengkokan

L = Panjang Tuas

4. Konversi Gaya ke kilogram

$$1 \text{ Kgf} = 9,81 \text{ N}$$

$$F = \frac{93,3}{9,81}$$

$$F = 9,5 \text{ Kgf}$$

Artinya Operator perlu memberika gaya sekitar 9,5 kg pada ujung tuas agar pipa mulai mengalami pembengkokan secara teoritis.

5. Menghitung Torsi Pada Poros

Torsi yang di terima poros sama dengan momen pembengkokan

$$T = M$$

$$T = 74,6 \text{ N/m}$$

Keterangan:

T = Torsi pada Poros

N/m = Newton Meter

6. Perhitungan Momen Puntir pada Poros

$$T = F \times L$$

$$T = \text{Momen Puntir (N/mm)}$$

$$F = \text{Gaya Operator (N)}$$

$$L = \text{Panjang Tuas (mm)}$$

Diketahui

$$F = 93,3 \text{ N}$$

$$L = 800 \text{ mm}$$

$$T = 93,3 \times 800$$

$$T = 74.640 \text{ N/mm}$$

$$T = \frac{74.640}{1000}$$

$$T = 74,64 \text{ N/mm}$$

3.4 Hasil Uji Coba

Proses pembengkokan diawali dengan menempatkan pipa baja pada posisi pembengkokan sesuai dengan penepat

yang telah dirancang. Setelah posisi pipa sesuai, sistem penjepit dikencangkan sehingga pipa tidak mengalami pergeseran

selama proses pembengkokan berlangsung. Selanjutnya tuas pembengkok digerakkan secara bertahap hingga matras pembengkok membentuk pipa mencapai sudut 90°. Setelah proses pembengkokan selesai, pipa dilepas dari *jig and fixture*, kemudian dilakukan pemeriksaan terhadap

bentuk, sudut, dan kondisi permukaan hasil pembengkokan. Hasil pembengkokan menggunakan *jig and fixture* yang telah dirancang dapat dilihat pada Gambar di bawah ini:



Gambar 5. Produk

Proses pembengkokan dilakukan secara bergantian pada setiap jenis pipa dengan jumlah sampel yang telah ditentukan. Setelah proses pembengkokan

selesai, setiap sampel diperiksa untuk mengetahui kualitas hasil pembengkokan, meliputi kesesuaian sudut, bentuk lengkungan, dan kondisi permukaan pipa.



Galvanis 1,7mm

Galvanis 0,9mm



ST37 1,4mm

ST37 1,7mm

Gambar 6. Hasil Proses Pembengkokan

Tabel 9. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Sistem	Keunggulan
1.	"tube bending machine for home industry scale,"[9]	3 Roll Bending	Mampu menghasilkan lengkungan pipa yang halus dan radius yang seragam
2.	perancangan dan uji konstruksi mesin pembengkok rol (roll bending machine) untuk pipa galvanis,"[10]	Roler Bending	Memiliki konstruksi yang kuat dan telah dianalisis kekuatan porosnya
3.	"perancangan sistem kontrol cnc pada mesin roller bending 3 axis pada pipa diameter 10 mm"[11]	CNC Roller Bending	Presisi tinggi, otomatis, dan sudut pembengkokan yang konsisten
4.	Rancang Bangun Jig and Fixture Pembengkok Pipa Baja Untuk Pembuatan Rangka Meja Kelas	Jig and Fixture Manual	Sederhana, ekonomis, mudah di operasika, dan sesuai untuk pembengkokan 90°

4. SIMPULAN

Berdasarkan proses perancangan, pembuatan, dan pengujian *jig and fixture* pembengkok pipa baja untuk pembuatan rangka meja kelas, maka dapat disimpulkan, bahwa berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, Penelitian ini berhasil merancang, membuat, dan menguji *jig and fixture* pembengkok pipa baja dengan menerapkan metode VDI 2222, sehingga diperoleh desain yang sesuai dengan kebutuhan proses produksi rangka meja kelas. *Jig and fixture* yang dirancang mampu membantu proses penempatan dan penahanan benda kerja sehingga proses pembengkokan menjadi lebih presisi, konsisten, dan mudah dioperasikan. Apabila dibandingkan dengan penelitian terdahulu oleh Niidia Lestari dkk. [9] dan Shafiq Nurdin

[10], yang berfokus pada perancangan serta pengujian konstruksi mesin pembengkok pipa untuk skala industri, penelitian ini memiliki fokus yang berbeda. Penelitian terdahulu menitikberatkan pada pengembangan dan kinerja mesin pembengkok pipa, sedangkan penelitian ini berfokus pada perancangan *jig and fixture* sebagai alat bantu proses pembengkokan pipa baja untuk pembuatan rangka meja kelas. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih diarahkan untuk meningkatkan ketepatan posisi benda kerja, menjaga konsistensi hasil pembengkokan, serta memenuhi kebutuhan aplikasi produk pada proses produksi rangka meja kelas.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Charles Chikwendu Okpala, "the design and need for jigs and fixtures in manufacturing," *sr*, vol. 3, no. 4, p. 213, 2015.

[2] Aru Suganda and Anggi Josetio Prayoga, "product innovation factors and selling prices can increase sales marketing at keyzura furniture," *managiere*, vol. 2, no. 1, pp. 8-14, jun. 2024.

[3] Nurul Ulfah, Rahman Hakim, and Michael Tri Adelitho, "rancang bangun jig & fixture untuk pipe fitting steel concentric reducer pada mesin bevel pipa," *politeknologi*, vol. 19, no. 2, pp. 145-150, nov. 2020.

[4] Mochammad karim al amin et al., "rancang bangun alat pembengkok pipa (pipe bending tools) untuk produk project base learning meja dan kursi," *jtm*, vol. 7, no. 1, pp. 1-12, may 2024.

[5] Mohamad Makrus and Febiansyah, "the value of digital economy adoption in bangsa belitung smes: a vam model focusing on creativity and innovation," vol. 13, no. 03, 2024.

[6] Annisa Fyona, Rahman Hakim, and Afriandi, "desain jig & fixture untuk break

- shoes sepeda angin," *jatra*, vol. 1, no. 2, pp. 38-42, dec. 2019.
- [7] Nofirza, Misra Hartati, Aprizon, Anwardi, and Harpito, "implementasi metode verein deutscher ingenieure (vdi) 2222 dalam rekayasa mesin pencetak pelet ikan," *jti*, vol. 9, no. 2, p. 414, jun. 2023.
- [8] Asep Indra Komara, "aplikasi metoda vdi 2222 pada proses perancangan welding fixture untuk sambungan cerobong dengan teknologi cad/cae," vol. 1, no. 2.
- [9] Niidia Lestari, Stephanus Danny Kurniawan, and Bagus Yudhanto, "tube bending machine for home industry scale," *senatik*, vol. 4, nov. 2018.
- [10] Shafiq Nurdin, "perancangan dan uji konstruksi mesin pembengkok rol (roll bending machine) untuk pipa galvanis," vol. 3, no. 4, 2021.
- [11] Sigit Widiyanto, "perancangan sistem kontrol cnc pada mesin roller bending 3 axis pada pipa diameter 10 mm."