

PERANCANGAN *THREE AXIS FIXTURE VISE* UNTUK PROSES PEMBUATAN RANGKA KURSI

Muhammad Arif Darmawan^{a*}, Rela Adi Himarosa^a, Muhammad Budi Nur^a,

^aTeknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta,
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Bantul, Yogyakarta 55183
 e-mail: Ariefdar09@gmail.com

Abstract

Alat bantu sederhana berupa penjepit atau yang biasa disebut *jig and fixture* sudah banyak digunakan pada proses pengelasan pada pembuatan kursi *outdoor furniture*, meski sudah ada alat bantu namun masih banyak pengusaha *furniture* yang tidak memanfaatkannya, salah satunya adalah “Yatno Furniture” yang merupakan usaha milik Suyatno, pengusaha *furniture* yang terletak di Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah yang memproduksi modern outdoor furniture. Karena itu sering ditemukan masalah pada bentuk hasil pengelasan yang menyimpang, masalah ini terjadi karena penyambungan komponen rangka kaki masih dilakukan manual. Dengan cara yang seperti itu hasil perakitannya membutuhkan waktu setup lama dan akan membuat bentuk yang menyimpang. Penelitian ini untuk membuat alat bantu pegang yang digunakan pada proses pengelasan dengan jenis sambungan siku tiga sisi.

Pada proses pengelasan sering terjadi distorsi yang diakibatkan kontraksi logam yang terpapar suhu atau heat input tinggi yang menimbulkan tarikan atau dorongan pada benda kerja. Untuk itu dilakukan pengujian mekanis terhadap empat spesimen dibagi dengan dua variabel, spesimen satu dan dua menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dengan arus masing-masing 50 A dan 60 A dan spesimen tiga dan empat tidak menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dengan arus masing-masing 50 A dan 60 A dengan membandingkan nilai distorsi yang terjadi menggunakan alat penggaris busur. Hasil pengujian menunjukkan bahwa distorsi terkecil dimiliki oleh spesimen yang menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dengan arus 50 A sebesar 0,4 derajat, sedangkan distorsi terbesar dimiliki oleh spesimen tanpa menggunakan *fixture* dengan arus 60 A sebesar 2 derajat. Penggunaan *Three Axis Fixture Vise* juga dapat mempercepat waktu yaitu 76,16 detik, dibandingkan jika tanpa *Three Axis Fixture Vise* yaitu 93,84 detik dan memotong efisiensi biaya pembuatan produk kursi sebesar 43,74 %.

Kata Kunci : *fixture*, pengelasan, kualitas produk, produktivitas

1. PENDAHULUAN

Industri *Furniture* saat ini berkembang pesat, hal ini dapat dilihat dari teknologi alat bantu yang digunakan oleh setiap industri *Furniture*, meningkatnya pemakaian produk oleh konsumen adalah penyebabnya. Oleh karena itu dituntut konsistensi dan ukuran yang seragam untuk jumlah ukuran dan bentuk produk yang sama. Peningkatan kualitas produk dapat dicapai dengan menggunakan alat bantu untuk suatu proses produksi. Diantaranya adalah: *dies, jig and fixture*.

Meski sudah ada teknologi alat bantu namun masih banyak pengusaha *Furniture* yang tidak memanfaatkannya, salah satu usaha bengkel furniture yang tidak memanfaatkan alat bantu adalah “Yatno Furniture” yang merupakan usaha milik Suyatno, seorang pengusaha *furniture* yang terletak di Kabupaten Purbalingga, Jawa Tengah yang memproduksi *modern outdoor furniture*.

Pengelasan adalah salah satu langkah proses pembuatan kursi di Yatno Furniture, tidak digunakannya penjepit pada proses pengelasan pada perakitan rangka kaki dengan penyangga alas

duduk menyebabkan sering ditemukan masalah pada bentuk hasil pengelasan yang menyimpang, masalah ini terjadi karena untuk menyambungkan penyangga alas duduk dan komponen rangka kaki masih dilakukan manual dengan menggunakan pedoman siku benda kerja yang sudah jadi. Dengan cara yang dilakukan oleh operator Yatno *Furniture* itu hasil perakitannya membutuhkan waktu setup yang lama dan akan membuat bentuk yang menyimpang, sehingga dapat mempengaruhi waktu proses dalam pembuatan produk kursi. Oleh sebab itu dibutuhkan alat bantu yang dapat menghasilkan waktu setup yang cepat dan kemudahan dalam pengerjaan oleh operator.

Merujuk pada Patent US 6,860,475 B2, *Three Axis Fixture Vise* adalah salah satu jenis alat bantu *fixture* yang digunakan untuk mengarahkan tiga sisi benda kerja sumbu x, y, z untuk menjadi satu pada proses penyambungan pengelasan. Dengan alat bantu *Three Axis Fixture Vise*, dapat mengurangi waktu pengerjaan dan waktu *setup*, sehingga didapatkan produk yang laju produksinya tinggi dan kualitasnya akan lebih bagus.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Rancangan Pembuatan Alat

Perancangan merupakan suatu kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Suatu gambaran yang digunakan untuk dasar-dasar dalam bekerja, dan pemilihan peralatan yang tepat sangat diperlukan dalam pembuatan produk. Jumlah dan spesifikasinya alat yang digunakan juga disesuaikan.

2.2. Identifikasi Alat

Perlu diketahui identifikasi alat dan mesin untuk merancang *Three Axis Fixture Vise*, agar lebih sistematis dapat dibagi menjadi 4 kelompok, yaitu :

1. Alat Ukur

Alat ukur adalah alat untuk pengukuran yang dilakukan dengan tangan, biasanya memiliki skala ukur rendah sampai tingkat tinggi mencapai 0,001 mm. Alat ukur yang digunakan dalam perancangan *Three Axis Fixture Vise* ini adalah mistar gulung dan penggaris siku

2. Alat Pemotong Bahan

Dalam proses pembuatan *Three Axis Fixture Vise* tentu membutuhkan alat pemotong bahan. Berikut alat pemotong bahan yang digunakan adalah gergaji tangan dan gerinda mesin.

Ada beberapa gerinda mesin yang digunakan dalam pembuatan *Three Axis Fixture Vise* ini, antara lain gerinda mesin potong, gerinda mesin lantai dan gerinda mesin tangan.

3. Alat Penanda Gambar

Alat penanda gambar yang terdiri dari penggores, spidol dan penitik adalah alat untuk membuat garis-garis gambar pada benda kerja yang akan dilakukan proses permesinan. Alat yang digunakan untuk membuat alat ini adalah penggores dan spidol.

4. Alat Penyambungan

Alat penyambungan yang digunakan pada pembuatan *Three Axis Fixture Vise* ini adalah las busur listrik atau mesin las SMAW. Mesin las ini terdiri dari pengatur arus, transformator, kebel masa dan kabel elektroda. Bagian utamanya adalah transformator yang digunakan untuk penyedia arus listrik yang berkekuatan tinggi untuk pengelasan. Alat ini bekerja atas dasar penurunan tegangan sehingga besar arus listrik mengalami peningkatan, bersama dengan tegangan tersebut.

5. Alat Pendukung

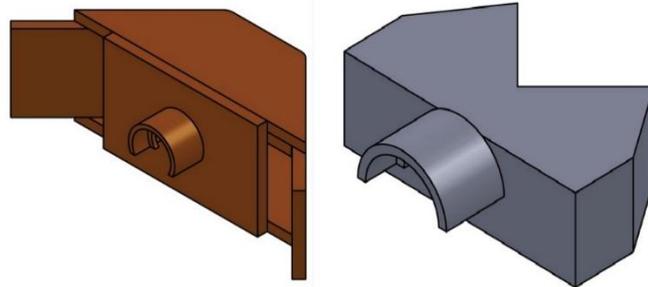
Beberapa peralatan pendukung untuk keselamatan kerja pada saat terjadi proses pengelasan antara lain adalah sikat baja, topeng las, sarung tangan las.

2.3. Perancangan *Three Axis Fixture Vise*

Agar mendapatkan *Fixture* yang baik maka perancangan ini harus disesuaikan dengan bentuk produk yang akan dibuat. Pengelasan komponen penyangga alas duduk dan komponen kaki minimum memerlukan penahan (*clamping*) untuk mengurangi pergerakan/pergeseran komponen. Berikut ini adalah komponen- komponen yang ada pada *Fixture*, yaitu:

1. Perancangan Pencekam (*Clamping*)

Penempatan pencekam (*clamping*) pada alat ini disesuaikan dengan bagian benda kerja yang akan dilakukan proses pengelasan agar tidak mengganggu kerja dari operator dan tidak ada kerusakan dan deformasi yang terlalu besar. Gaya pencekaman yang diberikan kepada benda kerja diarahkan ke bidang set block agar dapat menjaga kestabilan benda kerja. Bahan komponen menggunakan material baja karbon rendah, panjang komponen 60 mm dan lebar komponen 40 mm. Rancangan pencekam (*clamping*) dapat dilihat pada gambar 2.1. Dan hasil yang telah selesai dibuat dapat dilihat pada gambar 2.2.



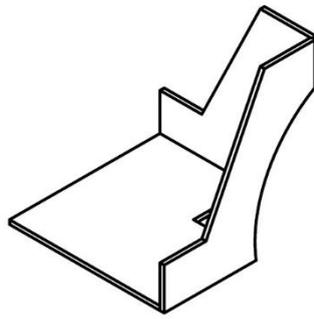
Gambar 2.1. Rancangan Pencekam (*Clamping*)



Gambar 2.2. Pencekam (*Clamping*)

2. Perancangan *Set Block*

Perancangan *set block* ini dimaksudkan untuk digunakan sebagai alat yang memposisikan benda kerja pada *fixture* agar benda kerja menjadi rigid atau kaku. *Set block* ini dirancang sesuai bentuk benda kerja agar memudahkan operator dalam melakukan proses loading dan unloading. Material yang digunakan adalah baja karbon rendah dengan ketebalan 8 mm, panjang komponen: 180 mm, lebar komponen 180 mm, dan tinggi komponen 195 mm. Rancangan *Set Block* dengan menggunakan inventor dapat dilihat pada gambar 2.3. Dan hasil yang telah selesai dibuat dapat dilihat pada gambar 2.4.



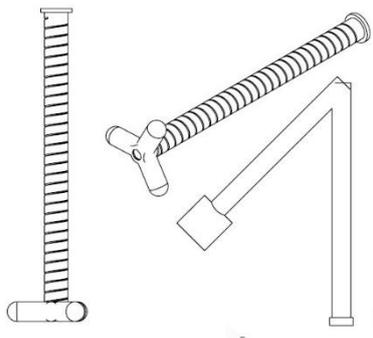
Gambar 2.3. Rancangan *Set Block*



Gambar 2.4. *Set Block*

3. Perancangan Batang Penggerak

Perancangan batang penggerak pada alat ini untuk menggerakkan *clamp*, karena memiliki ulir, batang ini dirancang untuk dapat mendorong, menarik dan mengunci *clamp* pada saat penekanan. Material yang digunakan adalah besi drat ulir 1/2 dan drat ulir 3/8 dengan panjang komponen 280 mm dan 150 mm. Rancangan batang penggerak dengan menggunakan inventor dapat dilihat pada gambar 2.5. Dan hasil yang telah selesai dibuat dapat dilihat pada gambar 2.6.



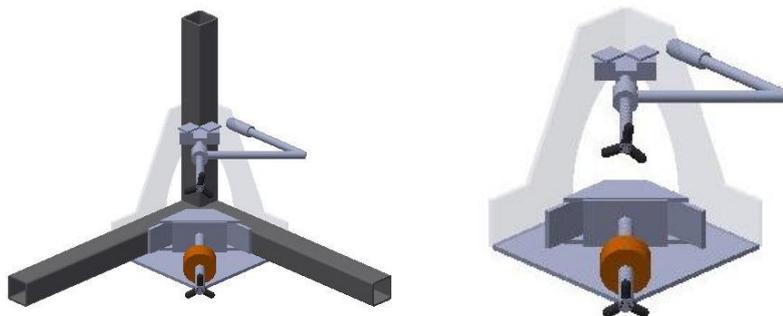
Gambar 2.5. Rancangan Batang Penggerak



Gambar 2.6. Batang Penggerak

2.4. Hasil Rancangan *Three Axis Fixture Vise*

Berdasarkan hasil rancangan komponen pembentuk *Three Axis Fixture Welding* yang telah dilakukan dengan software inventor, bentuk rakitan *Three Axis Fixture Welding* dapat dilihat pada Gambar 2.7. Bagian-bagian yang telah dirancang dan dibuat akan digabungkan dengan komponen komponen utama lainnya. Berikut ini merupakan alat bantu pegang *Three Axis Fixture Welding* yang telah selesai dibuat dan di rangkai. Gambar alat bantu pegang *Three Axis Fixture Welding* dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.7. Rancangan *Three Axis Fixture Vise*.



Gambar 2.8. Alat bantu pegang *Three Axis Fixture Vise* yang telah selesai dibuat.

2.5. Pengujian Alat

Pengujian pada alat ini adalah untuk mengetahui apakah elemen-elemen yang ada pada fixture proses pengelasan sambungan sudut dapat bekerja dengan baik, dengan membandingkan hasil pengelasan yang pendinginannya menggunakan fixture dan tanpa fixture. Adapun proses-proses pengujian alat meliputi: persiapan mesin dan alat, persiapan benda uji, analisa, kesimpulan dan selesai.

2.5.1. Persiapan Benda Uji

Benda kerja yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu rangka kursi menggunakan pelat besi yang berukuran 3mm.



Gambar 2.9. Benda uji

2.5.2. Persiapan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin las jenis SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) atau yang biasa disebut las busur listrik, gambar mesin las dapat dilihat pada gambar 2.10 dan busur baja untuk memeriksa penyimpangan pada bidang datar dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.10. Mesin Las SMAW



Gambar 2.11. Busur Baja

2.6. Pelaksanaa Pengujian

Tahapan Pengujian :

1. Tahap awal pengujian yaitu menyiapkan alat-alat yang akan digunakan selama proses pengujian.
2. Benda uji yang digunakan dipotong panjangnya sesuai bentuk rangka kursi.
3. Pada pengujian pengelasan menggunakan fixture, benda uji ditempatkan pada alat yang kemudian membentuk 3 buah sisi koordinat sehingga benda uji tersebut memiliki 3 sudut masing-masing 90 derajat, lalu keratkan benda uji dengan memutar batang penggerak agar clamp dapat menahan benda uji.
4. Pada pengujian pengelasan tanpa menggunakan fixture, benda uji diletakkan diatas permukaan datar secara bergantian, gunakan mistar siku untuk mendapatkan sudut 90 derajat. Benda uji siap dilakukan proses pengelasan.
5. Setelah benda uji siap, proses pengelasan dapat dilakukan dengan menggunakan elektroda berjenis RD-260, Voltase 20 – 25 V, travel speed 60 mm/min, arus yaitu 50 A dan 60 A.
6. Menjalankan proses pengelasan sesuai dengan parameter dan variasi yang telah ditentukan.
7. Ketika menjalankan proses, hitung perbandingan waktu setup dan waktu proses pengelasan.
8. Mengukur distorsi dari setiap benda uji dengan menggunakan busur. Pengukuran distorsi dapat dilakukan sebagai berikut:
 - a. Benda uji yang telah dilas diletakkan diatas meja datar.
 - b. Agar benda kerja tidak bergerak, maka di cekam.
 - c. Benda uji diukur dengan busur baja pada permukaan sastu sisi benda uji yang mana menjadi titik 0 (nol).
 - d. Didapatkan selisih ukuran yang merupakan nilai dari distorsi.
9. Mengolah data hasil pengelasan dan hasil pengukuran yang diperoleh secara statistik.
10. Memasukkan nilai tersebut kedalam tabel dan kemudian dibuat grafik masing-masing variasi terhadap nilai distorsi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Kelayakan Ekonomis

Analisis ekonomis dilakukan untuk menganalisis apakah *Three Axis Fixture Vise* yang dirancang cukup layak secara ekonomis, maka dilakukan pengujian dengan cara membandingkan biaya dan waktu yang dibutuhkan dengan ukuran lot produksi sebanyak 20 kursi/hari, waktu kerja 6 jam atau setara dengan 360 menit, dan ongkos kerja sebesar 25.000/jam. Dalam proses pengelasan menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dapat menghasilkan 20 kursi, dan tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* jumlah kursi yang dihasilkan adalah 15 kursi.

Waktu pembuatan kursi dengan alat	$= \frac{\text{jam kerja}}{\text{kursi yg dihasilkan}} = \frac{360 \text{ menit}}{20 \text{ kursi}}$ $= 18 \text{ menit/kursi}$
Waktu pembuatan tanpa alat	$= \frac{\text{jam kerja}}{\text{kursi yg dihasilkan}} = \frac{360 \text{ menit}}{15 \text{ kursi}}$ $= 24 \text{ menit/kursi}$
Waktu pengerjaan dengan alat	$= \frac{\text{waktu pembuatan dgn alat} \times \text{jumlah kursi}}{1 \text{ jam kerja}}$ $= \frac{18 \text{ menit} \times 20 \text{ kursi}}{60 \text{ menit}} = 360 \text{ menit} = 6 \text{ jam}$
Biaya tenaga kerja	$= 6 \text{ jam} \times \text{Rp. } 25.000$ $= \text{Rp. } 150.000/\text{hari}$
Waktu pengerjaan tanpa alat	$= \frac{\text{waktu pembuatan tanpa alat} \times \text{jumlah kursi}}{1 \text{ jam kerja}}$ $= \frac{24 \text{ menit} \times 15 \text{ kursi}}{60 \text{ menit}} = 360 \text{ menit} = 8 \text{ jam}$
Biaya tenaga kerja	$= 8 \text{ jam} \times \text{Rp. } 25.000$ $= \text{Rp. } 200.000/\text{hari}$
Biaya pembuatan kursi dengan alat	$= \frac{\text{ongkos per hari}}{\text{jumlah kursi}}$ $= \frac{\text{Rp. } 150.000}{20} = \text{Rp. } 7.500/\text{kursi}$
Biaya pembuatan kursi tanpa alat	$= \frac{\text{ongkos per hari}}{\text{jumlah kursi}}$ $= \frac{\text{Rp. } 200.000}{15} = \text{Rp. } 13.333/\text{kursi}$
Keuntungan menggunakan alat	$= \text{Ongkos pembuatan kursi tanpa alat} - \text{Ongkos pembuatan kursi dengan alat}$ $= \text{Rp. } 13.333 - \text{Rp. } 7.500$ $= \text{Rp. } 5.833/\text{kursi}$
Persentase penghematan biaya	$= \frac{\text{keuntungan dgn alat}}{\text{pembuatan kursi tanpa alat}} \times 100 \%$ $= \frac{\text{Rp. } 5.833}{\text{Rp. } 13.333} \times 100 \%$ $= 43,74 \% \text{ per kursi}$

Tabel 3. 1. Perbandingan Kelayakan Ekonomis

Kriteria	Menggunakan Alat	Tanpa Alat
Ukuran Lot Produksi	20 unit	20 unit
Jumlah Kursi/Hari	20 kursi/hari	15 kursi/hari
Biaya Tenaga Kerja/Hari	Rp. 150.000,-	Rp. 200.000,-
Biaya Pembuatan/Kursi	Rp. 7.500,-	Rp. 13.333,-

Hasil perbandingan menunjukkan bahwa penggunaan *Three Axis Fixture Vise* dapat meningkatkan volume produksi dan menurunkan biaya pembuatan produk serta mengurangi biaya pembuatan produk kursi sebesar 43,74 % per kursi, dibandingkan jika tidak menggunakan *Three Axis Fixture Vise*.

3.2 Analisis Perbandingan Waktu Setup

Analisis perbandingan proses perhitungan waktu *setup* dan proses menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dan tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* maka diketahui perbandingan waktu *setup* dan proses, seperti pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2. Perbandingan antara Waktu *Setup* dan Waktu Proses

Specimen		Waktu <i>Setup</i> (detik)	Waktu Proses (detik)	Total waktu (detik)	Rata-rata waktu <i>setup</i> (detik)	Rata-rata waktu proses (detik)
Menggunakan <i>Three Axis Fixture Vise</i>	I	17,44	58,72	76,16	17,84	57,01
	III	18,24	55,31	73,55		
Tanpa <i>Three Axis Fixture Vise</i>	II	43,12	50,72	93,84	43,34	50,49
	IV	43,57	50,26	93,83		

Dengan melihat table diatas maka dapat disimpulkan bahwa waktu *setup* menggunakan *Three Axis Fixture Vise* memiliki waktu 17,44 detik dan 18,24 detik, lebih cepat dibandingkan dengan tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* yang memerlukan waktu 43,12 detik dan 43,57 detik. Hal ini terjadi karena salah satu tujuan dari perancangan *Three Axis Fixture Vise* adalah untuk mempermudah operator dalam melakukan *setup*, sehingga waktu *setup* lebih efisien. Proses *setup* menggunakan *Three Axis Fixture Welding* terlihat seperti pada gambar 3.1 dan gambar 3.2.



Gambar 3.1. Proses *Setup* Menggunakan *Three Axis Fixture Vise*



Gambar 3.2. Proses Setup Tanpa Menggunakan *Three Axis Fixture Vise*

Pada waktu proses pengelasan menggunakan *Three Axis Fixture Vise* memerlukan waktu sebesar 58,72 detik dan 55,31 detik lebih lama, dibandingkan tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* yang mempunyai waktu 50,72 detik dan 50,26 detik, hal ini disebabkan karena ruang gerak las pada *setblock Three Axis Fixture Vise* yang sempit. Proses pengelasan menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dapat dilihat pada gambar 3.3. dan proses pengelasan tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.3. Proses Pengelasan Menggunakan *Three Axis Fixture Vise*



Gambar 3.4. Proses Pengelasan Tanpa Menggunakan *Three Axis Fixture Vise*

1.2. Analisis Distorsi

Setelah melakukan pengujian pada *Three Axis Fixture Vise*, penyimpangan atau *distorsi* pada benda uji juga akan diuji menggunakan busur baja. Dapat dilihat pada tabel 3.3 adalah parameter yang digunakan pada saat pengujian dan Tabel 3.4 adalah hasil pengukuran distorsi pada pengujian.

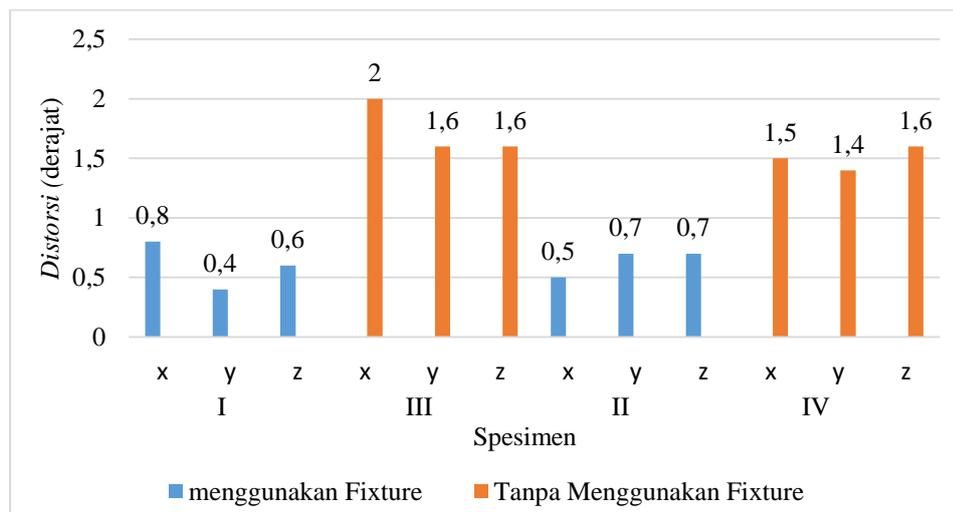
Tabel 3. 3. Parameter Pengujian

Spesimen		I	II	III	IV
Voltase (V)		20-25	20-25	20-25	20-25
Arus (A)	50	√	√		
	60			√	√

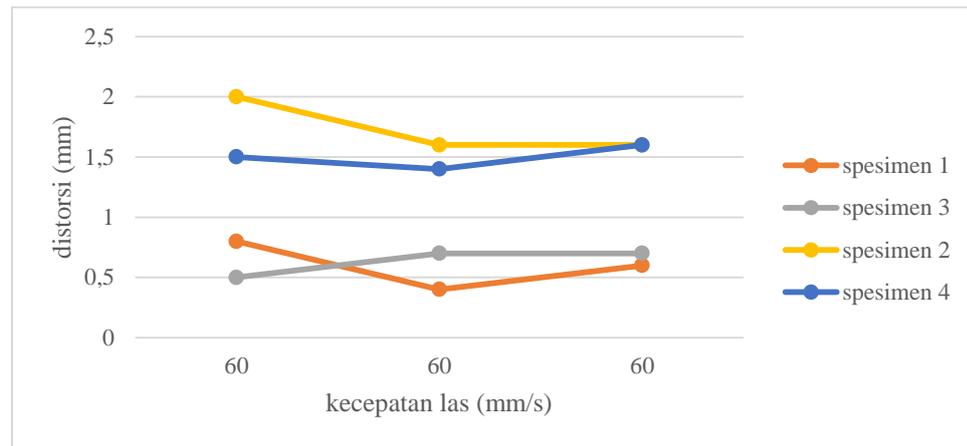
Menggunakan <i>Fixture</i>	√		√	
Tanpa <i>Fixture</i>		√		√

Tabel 3. 4. Hasil Pengukuran Distorsi pada Pengujian

Spesimen	Sisi	Distorsi (derajat)			
		Pengujian 1	Pengujian 2	Rata – rata	
Menggunakan <i>Fixture</i>	I	x	0,7	0,9	0,8
		y	0,5	0,3	0,4
		z	0,7	0,5	0,6
	III	x	0,5	0,5	0,5
		y	0,6	0,8	0,7
		z	0,8	0,6	0,7
Tanpa <i>Fixture</i>	II	x	1,9	2,1	2
		y	1,5	1,7	1,6
		z	1,7	1,5	1,6
	IV	x	1,5	1,5	1,5
		y	1,2	1,6	1,4
		z	1,9	1,3	1,6



Gambar 3.5. Grafik Rata-Rata Pengukuran Distorsi



Gambar 3.6. Grafik Kecepatan Las

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapatkan dalam perancangan dan pembuatan *Three Axis Fixture Vise* serta pengujian pengelasan sambungan ini antara lain:

1. Didapatkan rancangan *Three Axis Fixture Vise* yang dapat membantu pengelasan yang mempunyai tiga arah sumbu benda kerja yang berbeda dalam satu proses dan menghasilkan ketepatan sudut serta dapat mengurangi biaya pembuatan produk kursi sebesar 43,74 %
2. Proses perakitan rangka kursi berdasarkan waktu *setup* menggunakan *Three Axis Fixture Vise* lebih cepat 17,84 detik, dibandingkan yang tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* 43,14 detik. Sedangkan proses pengelasan rangka kursi berdasarkan waktu proses menggunakan *Three Axis Fixture Vise* sedikit lebih lama 57,01 detik, dibandingkan tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* 50,49. Namun pada total waktu *setup* dan waktu proses menggunakan *Three Axis Fixture Vise* lebih cepat 76,16 detik, dibandingkan jika tanpa *Three Axis Fixture Vise* 93,84 detik.
3. Nilai *distorsi* terendah pada proses pengelasan menggunakan *Three Axis Fixture Vise* terjadi pada arus 50 A yaitu 0,4 derajat. Sedangkan arus 60 A nilai *distorsi* tertinggi yaitu 0,8 derajat. Nilai *distorsi* terendah pada proses pengelasan tanpa *Three Axis Fixture Vise* terjadi pada arus 50 A yaitu 1,4 derajat. Sedangkan pada arus 60 A nilai *distorsi* paling tinggi yaitu 2 derajat. Jika menggunakan *Three Axis Fixture Vise* semakin besar arus yang digunakan maka semakin kecil *distorsi* yang terjadi. Sedangkan apabila tanpa menggunakan *Three Axis Fixture Vise* semakin besar arus maka semakin besar *distorsi* yang terjadi.

5. REFERENSI

- Anhara S dan Fusito. *Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu Pegang (Fixture) Untuk Proses Pengelasan Sambungan-T*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
- ASM Handbook Commite. (1993). *Welding, Brazing and Soldering*. Vol. 6. ASM International.
- C., Chandru, V., & Barash, M, M. (1989), *A mathematical approach to automatic configuration of machining fixtures: analysis and synthesis*.
- Cross, Nigel. 1994. *Engineering design methods: Strategies for product design*. 2nd. ed. Chichester (Wiley).

- Gusti J. I., Aditya J., Ery S., Bambang W. S. (2016). *Rancang Bangun Alat Bantu Untuk Pengelasan Siku, T dan Sejajar untuk Praktikum Teknik Pengelasan*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND, Yogyakarta.
- Hoffman, Edward G. (1996). *Jig and Fixture Design Fourth Edition*. Delmar Publisher Inc, New York.
- Hoffman, Edward G. (2004). "*Jig and Fixture, Fifth Edition*". Delmar, cengage learning, USA.
- Hendro P., Rispianda, Irvan R. R. (2012). *Rancangan Welding Fixture Pembuatan Rangka Produk Kursi*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, ITENAS, Bandung.
- IS 14962. 2001. *ISO General Purpose Metric Screw Threads-Tolerances: Part 1 Principles And Basic Data*. Manak Bavan; Bureau Of Indian Standards. New Delhi 110002, India.
- Rochim, T., 2007. *Proses Permesinan Buku 1 Klarifikasi Proses, Gaya & Daya Permesinan*. Penerbit : ITB. Bandung.
- U.S. Patent No. 6,860,475*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Yanis, Muhammad dkk. 2005. *Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu Cekam Pada Mesin Skrap Untuk Mengerjakan Proses Freis*. Jurnal.
- Wiryo Sumarto, Harsono dan Toshie O. 2000. *Teknologi pengelasan*. Cet.8. Jakarta. Pradnya Paramitha.
- Zhang, Y., Hu, W., Rong, Y., & Yen, D. W. (2001). *Graphbased set-up planning and tolerance decomposition for computer-aided fixture design*. International Journal of Production Research, 39 (14), 3109-3126.