

**PEMBUATAN *PROTOTYPE MODULAR JIG DAN FIXTURE*
PADA MESIN *MINI CNC ROUTER 3 AXIS*
(Studi Kasus : Laboratorium Otomasi Teknik Industri
Universitas Muhammadiyah Surakarta)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada
Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik**

Oleh :

MUHAMMAD FAUZI

D600150033

**JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2019**

HALAMAN PERSETUJUAN

**PEMBUATAN *PROTOTYPE MODULAR JIG DAN FIXTURE*
PADA MESIN *MINI CNC ROUTER 3 AXIS***

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

MUHAMMAD FAUZI

D 600 150 033

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Ir. RATNANTO FITRIADI, S.T., M.T.,

NIK. 889

HALAMAN PENGESAHAN

**PEMBUATAN *PROTOTYPE MODULAR JIG DAN FIXTURE* PADA
MESIN *MINI CNC ROUTER 3 AXIS***

Oleh :

MUHAMMAD FAUZI

D 600 150 033

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari, Rabu 21 Agustus 2019
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

Dewan Penguji:

1. Ir. Ratnanto Fitriadi, S.T., M.T. (.....)
(Ketua Dewan Penguji)
2. Dr. Ir. Suranto, S.T., M.M. (.....)
(Anggota 1 Dewan Penguji)
3. Ida Nursanti, S.T., M.EngSc. (.....)
(Anggota 2 Dewan Penguji)

Dekan Fakultas Teknik



(Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D)

NIK. 628

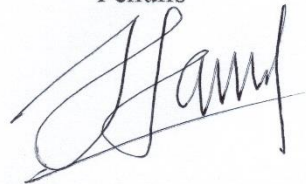
HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada tidak benaran dalam pernyataan di atas, maka saya akan pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 21 Agustus 2019

Penulis



MUHAMMAD FAUZI

D 600 15 0033

PEMBUATAN *PROTOTYPE MODULAR JIG DAN FIXTURE* PADA MESIN *MINI CNC ROUTER 3 AXIS*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan, pengujian serta menganalisa proses pembuatan dari *modular jig* dan *fixture*. Pembuatan *modular jig* dan *fixture* adalah untuk meningkatkan fungsi dari mesin *mini CNC router 3 axis* dengan fungsi horisontal dan miring. *Modular jig* dan *fixture* berguna untuk memudahkan proses permesinan, dan sebagai media pembelajaran perkuliahan dalam penggunaan mesin *mini CNC router 3 axis*. Penelitian ini dilakukan dengan observasi pada Laboratorium Otomasi Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Surakarta. Metode penelitian yang digunakan yaitu tentang studi literatur dan studi lapangan. Pembuatan *prototype modular jig* dan *fixture* dilakukan dengan pendekatan *rapid prototyping* menggunakan mesin *3D printer* jenis prusa i3 dengan *software repetier host*. Sebagian komponen yang memerlukan ketahanan yang tinggi dibuat dengan material logam dan dikerjakan dengan mesin konvensional. Pembuatan *prototype* yang telah dilakukan dan telah diuji penggunaannya mendapatkan hasil *modular jig* dan *fixture* mampu menahan gaya permesinan pada saat mesin *mini CNC router* dijalankan tanpa memiliki kendala apapun. *Modular jig* dan *fixture* yang dibuat telah sesuai dengan aspek teknis dan aspek fungsional yaitu dapat digunakan untuk proses pengerjaan horisontal dan pengerjaan miring.

Kata Kunci : *Jig dan fixture, rapid prototyping, mesin mini CNC router*

Abstract

This research aims to make, test and analyze the manufacturing process of modular jigs and fixtures. Modular jig and fixture manufacturing is to improve the function of a 3 axis mini CNC router machine with horizontal and tilt functions. Modular jig and fixture are useful to facilitate the machining process, and as a medium for learning lectures in the use of a 3 axis mini CNC router machine. This research was conducted by observation at the Industrial Engineering Automation Laboratory, Muhammadiyah University, Surakarta. The research method used is about literature studies and field studies. The making of a modular prototype jig and fixture is carried out with a rapid prototyping approach using a 3D printer type prusa i3 with repetier host software. Some components that require high durability are made with metal and are machined with conventional machinery. Making prototypes that have been done and have been tested by users get the results of modular jigs and fixtures capable of holding the machining force when the mini CNC router machine is running without having any obstacles. Modular jigs and fixtures made in accordance with technical aspects and functional aspects that can be used for horizontal and tilt processes.

Keywords : *Jig and fixture, rapid prototyping, mini CNC router machine*

1. PENDAHULUAN

Pesatnya teknologi yang berkembang pada era industri 4.0 ini membuat perusahaan-perusahaan yang bergerak pada bidang manufaktur menerapkan sistem produksi otomatis atau yang berbasis komputer. Perusahaan yang berbasis komputer memiliki kecepatan produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perusahaan yang masih menggunakan mesin-mesin konvensional atau masih dioperasikan manual dengan tangan pekerja. Laju produksi yang tinggi menuntut pengerjaan yang dilakukan harus teliti dan juga presisi untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Untuk menghasilkan produk dengan ukuran presisi dengan jumlah ratusan bahkan ribuan produk setiap harinya diperlukan *jig* dan *fixture* pada saat pemrosesan dengan mesin yang berbasis komputer guna menjaga ketelitian dan presisi dari produk yang dibuat pada saat proses produksi. *Jig* dan *fixture* merupakan suatu alat bantu yang digunakan dalam proses permesinan agar dapat menghasilkan pengerjaan *part* yang lebih cepat dan tepat/presisi. Penggunaan *jig* dan *fixture* pada mesin CNC dapat membuat proses produksi menjadi lebih cepat, karena dengan digunakannya *jig* dan *fixture* proses penempatan dan proses pengecaman menjadi lebih mudah serta penempatan benda kerja menjadi lebih fleksibel (Hoffman, 1996).

1.1 Landasan Teori

a. CNC (*Computer Numerical Control*)

Numerical Control / NC (berarti “kontrol numerik”) merupakan sistem otomatisasi mesin perkakas yang dioperasikan oleh perintah yang diprogram secara abstrak dan disimpan di media penyimpanan sesuai standar ISO, hal ini berlawanan dengan kebiasaan sebelumnya dimana mesin perkakas biasanya dikontrol dengan putaran tangan atau otomatisasi sederhana menggunakan CAM (Sandri, 2017).

b. *Rapid prototyping*

Bourell (2009) menjelaskan definisi dari *Rapid prototyping* sebagai proses pembentukan benda dari data 3D berupa *layer*/lapisan, sebagai kebalikan dari proses manufaktur yaitu mengurangi bagian-bagian yang tidak diperlukan.

Pada desain untuk proses *rapid prototyping*, jenis *file* yang digunakan adalah STL yang merupakan kepanjangan dari *STereoLithography*. Gambar dengan format STL hampir sama dengan gambar permukaan atau *surface*. Pada perangkat

lunak untuk membuat desain seperti CATIA, *Solidwork*, *Autocad*, dan *Pro Engineering* sebagian besar memiliki kemampuan untuk mengubah gambarnya dalam format STL untuk tujuan pembuatan prototipe dengan proses *rapid prototyping* (Femmer, Kuehne, Torres-rendon, Walther, & Wessling, 2015).

c. Klasifikasi Proses Permesinan

Marsyahyo (2003), menyatakan bahwa proses permesinan merupakan suatu proses untuk menciptakan produk melalui tahapan-tahapan dari bahan baku untuk diubah atau diproses dengan cara-cara tertentu secara urut dan sistematis untuk menghasilkan suatu produk yang berfungsi.

d. *Solidwork*

Software Solidworks merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan permodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek *prototype* 3D secara visual, simulasi dan *drafting* beserta dokumentasi data-datanya. Prabowo (2009: 151) menjelaskan bahwa program *Solidworks* merupakan program komputer yang berfungsi untuk melakukan analisa kekuatan. Program tersebut dapat membantu kita untuk mengurangi kesalahan dalam membuat desain. Dengan demikian, selain biaya yang dikeluarkan berkurang, *time market* dari benda pun dapat dipercepat.

2. METODE

Berikut merupakan alur pada penelitian ini :

2.1 Studi Literatur

Studi literatur dimulai dengan memahami tingkat kesulitan dari komponen-komponen yang nantinya akan dibuat. Desain yang akan dibuat berdasarkan dari penelitian yang telah dibuat oleh peneliti lain.

2.2 Studi Lapangan

Studi lapangan dilakukan untuk mengetahui kondisi aktual dari mesin *mini CNC router 3 axis*, *3D printer* dan bengkel mesin konvensional yang bertujuan untuk mengidentifikasi proses apa saja yang nanti akan dilakukan untuk memproses komponen dari *modular jig* dan *fixture*.

2.3 Desain Alat

Desain yang sudah matang disebut sebagai *prototype alpha* yang kemudian akan dilanjutkan pada penelitian ini menjadi *prototype betha*.

2.4 Perencanaan Proses

Pada tahap ini dilakukan 3 identifikasi yaitu identifikasi komponen, identifikasi material dan identifikasi proses pembuatan.

2.5 Pembuatan Alat

Tahap ini berisi tentang merealisasikan rancangan alat dan rancangan proses pembuatan. Tahapan-tahapan tersebut adalah :

- a. Pembuatan komponen menggunakan *3D printer*
- b. Pembuatan komponen menggunakan mesin konvensional
- c. Pembelian komponen di pasaran
- d. Perakitan *modular jig* dan *fixture*

2.6 Pengujian Alat

Pengujian yang dilakukan meliputi pengoperasian *mini CNC router* dengan benda kerja horisontal dan miring.

- a. Pengujian proses *machining* benda kerja horisontal
- b. Pengujian proses *machining* benda kerja miring

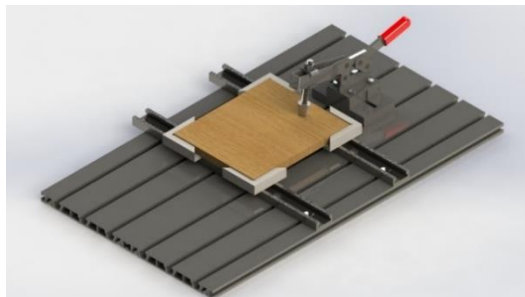
2.7 Analisis

Dari hasil pengujian *modular jig* dan *fixture* analisis yang dilakukan adalah tentang proses *machining* menggunakan *modular jig* dan *fixture*, waktu *set-up*, *loading* dan *unloading* benda kerja, serta analisis harga pokok produksi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

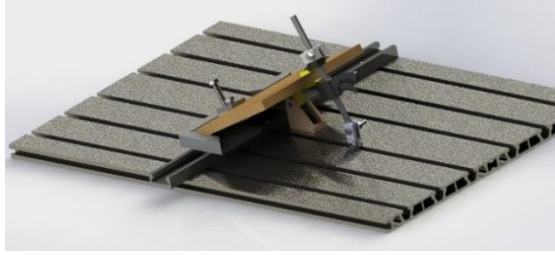
3.1 Rancangan Alat

- a. *Modular jig* dan *fixture* horisontal



Gambar 1. *Modular Jig* dan *Fixture* Horisontal

b. *Modular jig dan fixture miring*



Gambar 2. *Modular Jig dan Fixture Miring*(Bersudut)

3.2 Perancangan proses pembuatan alat

Berdasarkan desain yang telah diterima, kemudian dilakukan perancangan proses pembuatan alat. Perancangan yang dilakukan meliputi proses penjabaran atau *breakdown* dari *modular jig & fixture* serta perencanaan proses.

a. Perencanaan Proses

LEMBAR RENCANA PROSES

NAMA	: Modular Jig & fixture	File Gambar		SATUAN	
NO PART	:	Material	: Aluminium	Uraian Proses	: mm
NAMA PART	: Bracket F Clamp	Ukuran Mentah	:	Spindle Speed	: mm/menit
DIBUAT OLEH	: Muhammad Fauzi	Panjang	: 45 mm	Feed Rate	: menit
TANGGAL	: -	Diameter	: 25 mm	Waktu Set Up	: menit
HAL KE	: -			Waktu Proses	: menit

NOMOR PROSES	URAIAN PROSES	MESIN	SET UP		SPINDLE SPEED	FEED RATE	WAKTU SETUP	WAKTU PROSES	WAKTU TOTAL
			ALAT BANTU	TOOLS					
1	Menandai Benda kerja yang akan di bubut	-	Spidol	Mistar	-		0,00	2,00	2,00
2	Membubut benda kerja pada permukaan silinder dengan tebal 3 mm	Bubut	Chuck, vernier caliper	Pahat HSS/ISO 6	630	0,250	3,00	7,68	10,68
3	Membubut benda kerja menjadi Ø15 dengan panjang 40	Bubut	Chuck, vernier caliper	Pahat HSS/ISO 6	630	0,250	0,00	10,67	10,67
4	Membubut benda kerja menjadi Ø6 dengan panjang 20	Bubut	Chuck, vernier caliper	Pahat HSS/ISO 6	630	0,250	0,00	5,60	5,60
5	Menchamfer C1 pada Ø6	Bubut	Chuck, vernier caliper	Pahat Chamfer 45	630	0,250	1,50	0,30	1,80
6	Memfrais benda kerja pada Ø15 dengan panjang 17 pada kedua sisi yang berseberangan	Frais	Ragum, vernier caliper	End mill Ø15	480	0,150	4,00	1,73	5,73
7	Memfrais benda kerja pada Ø15 di bagian tengah dengan lebar 3 dan kedalaman 17	Frais	Ragum, vernier caliper	End mill Ø3	640	0,250	0,70	1,48	2,18
8	Membuat Ulir M6 pada Ø6	-	Ragum, vernier caliper	Snei M6	-	-	0,50	20,00	20,50

LEMBAR RENCANA PROSES

NAMA	: Modular Jig & fixture	File Gambar	:	SATUAN	
NO PART	:	Material	: Aluminium	Uraian Proses	: mm
NAMA PART	: Bracket Toggle Clamp	Ukuran Mentah	:	Spindle Speed	: mm/menit
DIBUAT OLEH	: Muhammad Fauzi	Panjang	: 100 mm	Feed Rate	: menit
TANGGAL	: -	Lebar	: 60 mm	Waktu Set Up	: menit
HAL KE	: -	Tinggi	: 38 mm	Waktu Proses	: menit

NOMOR PROSES	URAIAN PROSES	MESIN	SET UP		SPINDLE SPEED	FEED RATE	WAKTU SET UP	WAKTU PROSES	WAKTU TOTAL
			ALAT BANTU	TOOLS					
1	Menandai bagian benda kerja yang akan difrais dan dilubangi	-	Spidol	Mistar			0,00	1,00	1,00
2	Memotong Benda kerja menjadi ukuran 58 x 30 x 97	Frais	Ragum, Vernier caliper	End Milling Cutter Ø18	640	0,25	2,00	16,01	18,01
3	Memotong Benda kerja dengan panjang 27 mm dan lebar 58 mm sedalam 25 mm pada kedua sisi	Frais	Ragum, Vernier caliper	End Milling Cutter Ø18	640	0,25	0,50	13,59	14,09
4	Menfrais benda kerja dengan kedalaman 25 mm pada kedua sisi	Frais	Ragum, Vernier caliper	End Milling Cutter Ø10	640	0,25	0,33	0,06	0,39
5	Membuat lubang pocket Ø6 dengan panjang 18 mm pada kedua sisi	Frais	Ragum, Vernier caliper	End Milling Cutter Ø6	640	0,25	0,33	1,88	2,21
6	Melubangi benda kerja dengan Ø5 sebanyak 4 lubang	Frais	Ragum, Vernier caliper	Mata bor Ø5	630	0,25	0,80	1,02	1,82
7	Melubangi benda kerja dengan Ø12 sebanyak 4 lubang dengan kedalaman 20 mm	Frais	Ragum, Vernier caliper	Mata bor Ø12	630	0,25	0,80	0,38	1,18

LEMBAR RENCANA PROSES

NAMA	: Modular Jig & fixture	File Gambar	: Locator sudut atas
DIBUAT OLEH	: Muhammad Fauzi		Locator sudut bawah
TANGGAL	: -		Rectangle locator
HAL KE	: -		

NOMOR PROSES	URAIAN PROSES	Software	Mesin
1	Menyimpan file dengan format .STL	Solidwork	-
2	Membuka Software Repetier host dan melakukan konfigurasi	Repetier host	-
3	Memasukkan komponen yang akan di print 3D, mengatur letak komponen dan melakukan proses slicing	Repetier host	Mesin 3D printer Prusa i3
4	Mencetak komponen	Repetier host	Mesin 3D printer Prusa i3

3.3 Proses Pembuatan Alat

Berikut merupakan konfigurasi komponen yang dibuat menggunakan 3D printer :

Tabel 1. Keterangan Komponen dengan 3D Printer

No	Nama Part	Jumlah	Filament (mm)	Layer	Waktu Proses (menit)
1	Locator Sudut Atas	1	2229	104	42
2	Locator Sudut Bawah	1	6123	224	114
3	Rectangle Locator	4	47176	75	845,7
4	Pengencang F Clamp	1	1537	60	29
Total		7	57065	463	1030,7

Berdasarkan Tabel di atas diketahui waktu total dari komponen yang dibuat menggunakan mesin 3D printer adalah sebesar 1030,7 menit atau 17 jam 11 menit.

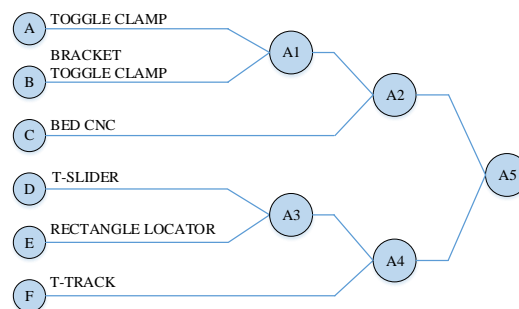
Berikut merupakan tabel keterangan perhitungan waktu komponen yang dibuat menggunakan mesin konvensional :

Tabel 2. Keterangan Waktu Komponen dengan Mesin Konvensional

No.	Nama Part	Jumlah	Waktu Setup (menit)	Waktu Proses (menit)	Waktu Total (menit)
1	Bracket Toggle Clamp	1	4,77	33,93	38,70
2	Bracket F Clamp	1	9,7	49,46	59,16
Total					97,86

Berdasarkan Tabel di atas diketahui total waktu perhitungan proses permesinan dari komponen yang dibuat menggunakan mesin konvensional adalah sebesar 97,86 menit atau 1 jam 37 menit, sedangkan waktu nyata untuk proses permesinan dua komponen tersebut adalah 2 jam 20 menit. Proses pengerjaan komponen menggunakan mesin konvensional memiliki waktu yang lebih lama dari perhitungan waktu proses permesinan, hal tersebut dikarenakan terdapat faktor-faktor lain dalam proses pengerjaan sehingga proses pengerjaan membutuhkan waktu yang sedikit lebih lama.

Komponen yang telah selesai dibuat menggunakan 3D printer maupun mesin konvensional selanjutnya dilakukan proses perakitan. Tahapan-tahapan proses perakitan digambarkan dalam sebuah *assembly chart* sehingga dapat terlihat jelas alur proses perakitan komponen menjadi sebuah alat yang siap untuk diuji.

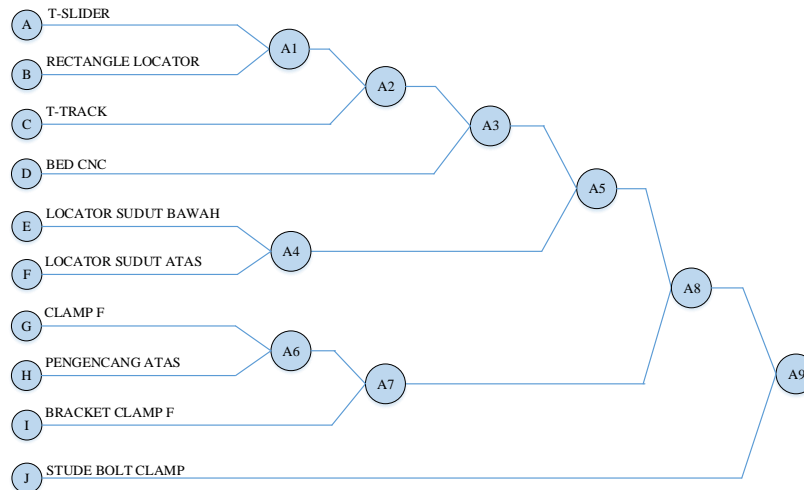


Gambar 3. *Assembly Chart Modular Jig dan Fixture Horizontal*

Tabel 3. Keterangan *Assembly chart Modular Jig dan Fixture Horizontal*

No.	Kode/rakitan	Keterangan
1	A1	Perakitan antara toggle clamp dan bracket toggle clamp dengan menggunakan baut M5x25mm dan mur M5 hexa.
2	A2	Perakitan antara rakitan A1 dan bed CNC dengan menggunakan baut M6x15mm dan mur m6 square.
3	A3	Perakitan antara t-slider dan rectangle locator dengan menggunakan baut jf M6x15mm.
4	A4	Perakitan antara rakitan A3 dan T-track.

No.	Kode/rakitan	Keterangan
5	A5	Perakitan antara rakitan A2 dan rakitan A4 dengan menggunakan baut jf M6x15mm dan mur M6 square.



Gambar 4. Assembly Chart Modular Jig dan Fixture Miring

Tabel 4. Keterangan Assembly chart Modular Jig dan Fixture Miring

No.	Kode/rakitan	Keterangan
1	A1	Perakitan antara t-slider dan rectangle locator dengan menggunakan baut jf M6x15mm.
2	A2	Perakitan antara rakitan A1 dengan t-track.
3	A3	Perakitan antara rakitan A2 dan bed CNC dengan menggunakan baut jf M6x15mm dan mur M6 square.
4	A4	Perakitan antara locator sudut bawah dan locator sudut atas dengan menggunakan baut M5x20mm dan mur m5 hexa.
5	A5	Perakitan antara rakitan A3 dan rakitan A4 dengan baut M6x15mm dan mur M6 square.
6	A6	Perakitan antara clamp f dan pengencang atas dengan menggunakan baut M4x20mm dan mur kuping M4.
7	A7	Perakitan antara rakitan A6 dan bracket clamp f dengan menggunakan baut M4x25 dan mur kuping M4.
8	A8	Perakitan antara rakitan A7 dan rakitan A5 dengan menggunakan mur M6 square pada bagian bawah dan mur M6 hexa pada bagian atas..
7	A9	Perakitan antara rakitan A8 dan stude bolt clamp dengan menggunakan baut m6x60mm dan mur m6 square.

3.4 Pengujian *Modular Jig dan Fixture*

a. Pengujian Proses *Machining* Benda Kerja Horisontal

Pengujian proses *machining* dengan benda kerja horisontal menggunakan proses *milling* dan memiliki konfigurasi program *g-code* yang berbeda, konfigurasi yang digunakan tergantung dari jenis pekerjaan yang dilakukan. Tabel 5. adalah tabel yang berisi konfigurasi pada saat *setting* program CNC.

Tabel 5. Konfigurasi Program *G-code* Pengujian Material Horisontal

Ukuran Benda Kerja (mm)	Spindle Speed (rpm)	Cutting Feed Rate (mm/min)	End mill Diameter (mm)
180x150x12	3200	60,28	6
450x185x12	3200	60,28	6

Berdasarkan pengujian proses *machining* pengerjaan *milling/frais* yang telah dilakukan *modular jig* dan *fixture* fungsi horisontal **tidak bergeser ataupun terlepas** dan *modular jig & fixture* tidak mengalami deformasi, rusak atau patah pada saat proses permesinan berlangsung.

b. Pengujian Proses *Machining* Benda Kerja Miring

Pengujian proses *machining* dengan benda kerja miring menggunakan proses *drilling* memiliki konfigurasi yang dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Konfigurasi Program *G-code* Pengujian Material Miring

Ukuran Benda Kerja (mm)	Sudut (°)	Spindle Speed (rpm)	Cutting Feed Rate (mm/min)	Diamter Mata Bor (mm)
200x150x10	15	1200	11,3	3
150x125x10	25	1200	11,3	3

Berdasarkan pengujian proses *machining* pengerjaan *drilling* yang telah dilakukan *modular jig* dan *fixture* fungsi horisontal **tidak bergeser ataupun terlepas** dan *modular jig & fixture* tidak mengalami deformasi, rusak atau patah pada saat proses permesinan berlangsung.

3.5 Analisa *Modular Jig dan Fixture*

a. Analisis Proses *Machining*

Berdasarkan pengujian proses *machining* menggunakan *modular jig & fixture* dengan fungsi horisontal pengerjaan *milling/frais* serta miring/bersudut pengerjaan *drilling* tidak memiliki *error* sama sekali. *Modular jig & fixture* yang digunakan tidak mengalami pergeseran serta benda kerja yang digunakan tidak bergeser ataupun terlepas.

b. Analisis Efisiensi waktu

Hasil waktu yang didapatkan dari pengujian *modular jig* dan *fixture* dibandingkan dengan waktu dari penggunaan *clamping* sebelumnya yaitu dengan *stude bolt clamp* dan didapatkan hasil yang terekap pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Waktu Perbandingan

Ukuran Benda kerja (mm)	Sudut (°)	Alat bantu	Waktu (menit)		
			Set-up	Loading	Unloading
180x150x12	0	Modular Jig dan Fixture	1,75	0,08	0,05
180x150x12	0	Stude Bolt Clamp	2,58	1,30	0,28
450x185x12	0	Modular Jig dan Fixture	2,1	0,12	0,06
450x185x12	0	Stude Bolt Clamp	2,37	1,50	0,4
200x150x10	15	Modular jig dan fixture	2,5	0,43	0,3
150x125x10	25	Modular jig dan fixture	2,6	0,83	0,33

Dari tabel 4.14 didapatkan hasil bahwa *modular jig* dan *fixture* memiliki waktu yang lebih sedikit dibandingkan dengan *stude bolt clamp*. Sehingga efisiensi waktu yang didapatkan dari penggunaan *modular jig* dan *fixture* fungsi horisontal pada waktu *set-up* material terkecil 32% dan material terbesar 11%.

c. Analisis Harga Pokok Produksi

Berdasarkan alat bantu berupa *modular jig* dan *fixture* yang dibuat untuk mesin *mini CNC router 3 axis* didapatkan analisis harga pokok produksi sebagai berikut :

Tabel 8. Harga Pokok Produksi *Modular Jig* dan *Fixture*

Biaya Total		
1	Material	Rp691.400,00
2	Pengerjaan	Rp180.000,00
Total		Rp871.400,00

Berdasarkan analisis harga pokok produksi *modular jig* dan *fixture*, diketahui biaya untuk memproduksi 1 alat *modular jig* dan *fixture* yang bisa digunakan dalam kondisi horisontal dan miring adalah sebesar Rp. 871.400,00.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari pembuatan *prototype modular jig* dan *fixture* ini adalah sebagai berikut :

- Prototype Modular jig* dan *fixture* untuk mesin *mini CNC router 3 axis* telah dibuat dan telah memenuhi aspek teknis serta aspek fungsional. *Modular jig* dan *fixture* dapat digunakan secara fleksibel menurut ukuran material serta proses

pengerjaan datar/horizontal dan miring/bersudut serta dapat digunakan untuk pengerjaan material lunak berjenis kayu, akrilik atau alumunium.

- b. Pada *modular jig* dan *fixture* yang telah dibuat diketahui waktu proses pembuatan menggunakan mesin *3D printer* sebesar 18 jam 31 menit dan dengan mesin konvensional sebesar 2 jam 33 menit. Waktu proses pembuatan *modular jig* dan *fixture* fungsi horisontal sebesar 15 jam 36 menit dan fungsi miring sebesar 12 jam 7 menit.
- c. *Modular jig* dan *fixture* yang dibuat telah sesuai dengan aspek fungsional dari *modular jig* dan *fixture* yaitu fungsi horisontal dan fungsi miring dengan waktu *set-up*, *loading* dan *unloading* yang lebih cepat, sehingga mesin *mini CNC router* dapat digunakan untuk pembuatan produk berskala besar dengan waktu yang lebih efisien.

4.2 Saran

Saran dari pembuatan *prototype modular jig* dan *fixture* ini adalah :

- a. Pembuatan *prototype* menggunakan metode *rapid prototyping* memiliki waktu yang lama, namun keakurasian serta pembuatan komponen yang mudah membuat metode ini lebih mudah untuk dipakai. Sangat disarankan untuk jurusan Teknik Industri universitas Muhammadiyah Surakarta memiliki lebih dari 1 mesin *3D printer* sehingga pengoperasiannya lebih cepat dalam membuat alat-alat atau *prototype*.
- b. Dalam penelitian selanjutnya diharapkan lebih ditingkatkan lagi fleksibilitas dari *modular jig* dan *fixture* yang telah dibuat, sehingga fungsi dari mesin *mini CNC router* dapat ditingkatkan lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hoffman, Edward G. (1996). *Jig and Fixture Design Fourth Edition*. Delmar Publishers Inc, New York.
- Sandri. (2017). *CNC (Computer Numerical Control) Engraver*. Planet Elektrik, Bengkulu.
- Femmer, T., Kuehne, A. J. C., Torres-rendon, J., Walther, A. & Wessling, M. (2015). Print your membrane : Rapid Prototyping of Complex 3D-PDMS membranes via a sacrificial resist. *Journal of membrane science* 478, 12-18.

Marsyahyo, Eko, 2003, Mesin Perkakas Pemotongan Logam, Toga Mas, Malang.
Prabowo, S. Agung. (2009). *Easy to Use: SolidWorks 2009*. Andi, Yogyakarta.