

## Rancang Bangun Jig dan Fixture Produk Oval Handle untuk Proses Milling dengan Sistem Plug and Play

Rafly Bagus Falqi <sup>1\*</sup>, Bayu Wiro Karuniawan <sup>2</sup>, Fais Hamzah <sup>3</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>1\*</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia<sup>3</sup>

Email: rafly.bagus259@gmail.com<sup>1</sup>

**Abstract** – The manufacturing industry is an industry where the machining process is done by hand or controlled with the help of machines that can run automatically and with manual supervision. Along with the development of industrial technology, the process of making the same product in large quantities and with precision becomes a requirement in the manufacturing industry. Jigs and fixtures appear as a problem solution for these conditions, but other problems arise from the use of jigs and fixtures. Tool changes and loading and unloading times cannot be utilized properly which can have a long-lasting adverse effect on manufacturing industry companies. There is a solution that helps to fix this problem, namely by updating the jig and fixture design using the Ulrich method, three jig designs and oval handle fixtures will be made using a plug and play system. Calculation of the cutting force received by the workpiece against the vise grip force to ensure the jig and fixture can hold the oval handle well. The results of the jig and fixture design research using the Ulrich method will be selected based on the highest value and safe cutting force calculations.

**Keyword:** Tool changes, Loading Unloading, Plug and Play, Milling, Jig dan Fixture

### Nomenclature

$F_{tm}$	Gaya potong bergigi rata-rata (N)
$A_m$	Penampang geram sebelum terpotong rata-rata (mm <sup>2</sup> )
$k_{sm}$	Gaya potong spesifik rata-rata (N/mm <sup>2</sup> )
$h_m$	Tebal geram sebelum terpotong rata-rata (mm)
$a$	Gerak makan per gigi (mm/gigi)
$k_r$	90° 60°
$k_{s1.1}$	Gaya potong spesifik referensi (N/mm <sup>2</sup> )
$p$	Pangkat untuk tebal geram rata-rata
$f_z$	Gerak makan per gigi (mm/gigi)
$v_f$	Kecepatan makan (mm/min)
$z$	Jumlah gigi (mata potong)
$\sigma_a$	Tegangan ijin
$\sigma_y$	Tegangan yield
$sf$	Safety factor
$M_t$	Momen puntir (Nm)
$P_{motor}$	Power yang dihasilkan oleh motor listrik
$n$	Putaran alat potong (rpm)
$F_u$	Gaya keliling (N)
$d$	Diameter alat potong (mm)
$F_c$	Gaya cekam (N)
$m$	Massa benda kerja (kg)
$g$	Gaya gravitasi (m/s <sup>2</sup> )

### 1. PENDAHULUAN

Jig dan fixture merupakan alat bantu yang digunakan

untuk membantu proses pemesian dengan tujuan menjaga kualitas produk agar tetap sesuai dengan batasan – batasan kualitas produk yang telah diijinkan. Fungsi dari jig dan fixture adalah untuk memegang, menyangga, memposisikan sebuah produk agar parameter yang sudah ditentukan sebelumnya dapat dipertahankan hingga proses permesinan selesai. Oval handle adalah salah satu produk yang diproduksi oleh PT. Zenith Allmart Precisindo yang menggunakan jig dan fixture dalam proses permesinannya. Fungsi dari oval handle adalah gagang untuk membuka dan menutup produk yang berkaitan dengan katub. Masalah yang timbul dari penggunaan jig dan fixture yang ada saat ini adalah waktu yang dibutuhkan saat proses loading & unloading dan proses tool changes yang membuat cycle time yang dihasilkan tidak dapat dimanfaatkan dengan baik.

Waktu yang dibutuhkan saat proses tool changes relatif pendek, namun jika produk yang harus diproduksi ratusan bahkan ribuan (mass production) akan terlihat perbedaan yang cukup besar sebagai contoh produk oval handle, yang mana pada satu set jig dan fixture hanya dapat diisi 1 buah produk saja yang membutuhkan setidaknya 7 tools yang berbeda untuk proses permesinannya.

Istilah plug and play biasanya hanya terdengar di sektor yang berhubungan dengan teknologi informasi yang mana secara umum plug and play adalah fitur dari personal computer (PC) yang berfungsi untuk mengizinkan suatu perangkat untuk digunakan pada PC tanpa perlu melakukan instalasi ulang. Sistem

*plug and play* ini sedang dikembangkan di PT. Zenith Allmart Precisindo yang tujuannya adalah untuk mengurangi waktu proses *loading & unloading*, mengefektifkan waktu proses *tool changes* serta mengoptimalkan penggunaan *jig* dan *fixture*, dengan cara membuat 2 set *jig* dan *fixture* yang memiliki *design slot*, kapasitas lebih dari satu produk serta sistem prosedur baru yang mengoptimalkan penggunaan *jig* dan *fixture* yang nantinya 2 set *jig* dan *fixture* tersebut digunakan secara bergantian. Namun saat ini tidak ada *jig* dan *fixture* yang mendukung sistem tersebut.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka akan dibuat *jig* dan *fixture* untuk produk *oval handle* yang mendukung sistem *plug and play* sebagai tugas akhir penulis.

## 2. METODOLOGI.

### 2.1 Metode Ulrich

Seorang ahli perancangan dan pengembangan produk Ulrich, pada tahun 2002 melakukan konsep sebuah produk, seperti. Perancangan produk harus dilakukan secara matang, karena proses ini akan mempengaruhi proses selanjutnya. Adapun langkah – langkah yang harus dilakukan oleh seorang desainer dalam perancangan dan pengembangan produk adalah : identifikasi kebutuhan konsumen, penetapan spesifikasi produk, analisis kompetisi produk, pengembangan dan pemilihan konsep, penyempurnaan spesifikasi, analisis ekonomi produk, dan perencanaan proyek dalam rangka pengembangan produk.

### 2.2 Perhitungan Jig dan Fixture

Adapun rumus – rumus yang digunakan untuk merancang *jig* dan *fixture* yaitu gerak makan per gigi, gaya potong spesifik untuk proses *frais*, gaya pada ragam seperti dibawah ini :

$$f_z = \frac{v_f}{z \times n} \quad (1)$$

$$F_{tm} = A_m \times k_{sm} \quad (2)$$

$$A_m = b \times h_m \quad (3)$$

$$f_z \sin \sin k_r \times \square \square \square \sin \quad (4)$$

$$k_{sm} = k_{s1.1} \times h_m^{-p} \quad (5)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_y}{sf} \quad (6)$$

$$M_t = 9550 \times \frac{P_{motor}}{n} \quad (7)$$

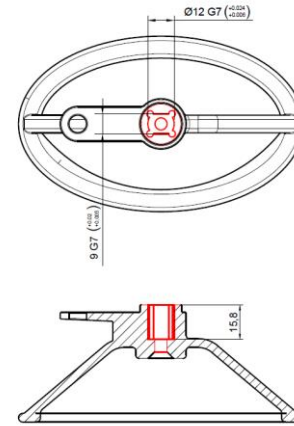
$$F_u = \frac{M_t \times 2}{a} \quad (8)$$



$$F_c = \frac{F_u - (m \times g)}{2 \times \mu} \quad (9)$$

### 2.3 Detail Drawing

Penentuan produk yang akan menjadi bahan dalam machining menggunakan jig. Warna merah pada gambar merupakan area proses *machining* yang akan dikerjakan pada produk *oval handle* tersebut.



Gambar 1. Detail Drawing Oval Handle

### 2.4 Material Oval Handle

Material yang digunakan untuk membuat produk *oval handle* adalah material berjenis yaitu *stainless steel* dengan *grade* 304. Material ini memiliki ketahanan terhadap korosi yang cukup baik serta jika dibandingkan dengan material *stainless steel* dengan *grade* 316 harganya lebih murah.

### 2.5 Produk Existing Fixture Oval Handle

Sebelumnya pihak perusahaan sudah memiliki *fixture oval handle* yang berkapasitas satu buah produk dengan menggunakan material *mild steel* dengan tensile strength 345 N/mm<sup>2</sup> dan *yield strength* sebesar 207 N/mm<sup>2</sup> dengan ukuran spesifikasi *fixture* **151,8 × 60,3 × 50,3 mm**. Seperti pada gambar 3.6 merupakan posisi *fixture* ketika mencekam produk.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Penyusunan daftar kebutuhan yaitu tahapan pengumpulan data dimana diperoleh dari diskusi dengan pihak perusahaan. Penyusunan daftar kebutuhan ini dilakukan agar mendapatkan spesifikasi produk yang diharapkan dan dibuatnya daftar kebutuhan ini diharapkan dapat mengoptimalkan produk yang akan dibuat.

Pada tahapan ini akan diketahui syarat dan harapan dari pengguna.

Tabel 1: Daftar Kebutuhan

Daftar Kebutuhan		
S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
S	- Bahan yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan perusahaan.	Tim Manufaktur
S	- Dapat digunakan untuk pengerjaan proses <i>milling</i> yang sesuai dengan <i>spec drawing</i> .	Tim Desain dan Tim Manufaktur
S	- Dapat digunakan untuk memproduksi <i>Oval Handle</i> .	
H	- Produk yang dibuat diharapkan mudah untuk dioperasikan untuk menghasilkan <i>Oval Handle</i> .	
S	- Desain <i>jig</i> dan <i>fixture</i> yang digunakan dapat membuat proses <i>cycle time</i> menjadi lebih cepat yaitu 50 detik	Tim Desain
S	- Produk yang dibuat mudah dimanufaktur	Tim Manufaktur
H	- Proses perbaikan dapat dilakukan dengan mudah apabila terjadi kerusakan	Tim Desain dan Tim Manufaktur

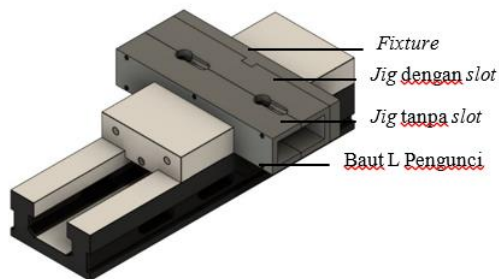
**Keterangan :**

S = syarat

H = harapan

**3.2 Konsep Desain 1**

Pada konsep desain 1 dirancang untuk dapat menampung 2 buah produk sekaligus, dimana produk tersebut dicekam dengan menggunakan *jig* yang dikunci dengan baut L ukuran M4 dengan panjang 70 mm sebanyak 6 buah.

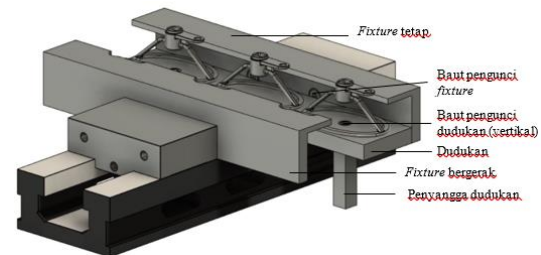


Gambar 3. Konsep Desain 1 (posisi pengecaman terhadap ragum)

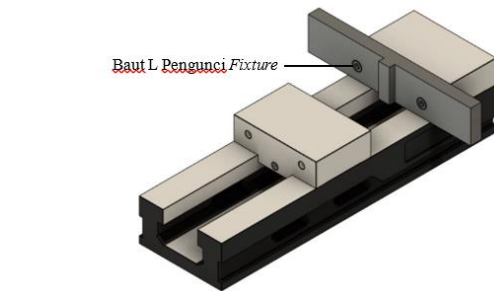
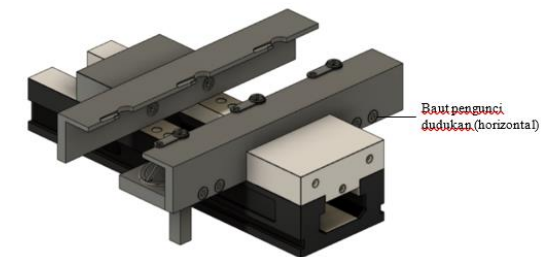
*Jig* tersebut dipasangkan kepada *fixture* yang sudah dikunci pada ragum dengan menggunakan baut L ukuran M10 dengan panjang 50 mm sebanyak 2 buah. Bagian *horizontal* dan *vertical* dari *jig* digabungkan dengan menggunakan las. Cara kerja dari konsep desain 1 ini sudah menggunakan sistem *plug and play* yang mana pada *jig* dengan *slot* terdapat desain slot yang menghubungkan *fixture* dengan *jig* yang akan mempermudah proses *loading* dan *unloading*. Tahapan pemasangan awal lebih cepat karena hanya perlu memasang *fixture* dengan desain *slot* pada ragum, hal ini sangat menguntungkan karena pemasangan *fixture* lebih sedikit dibandingkan dengan pemasangan *fixture* pada produk *existing*.

**3.3 Konsep Desain 2**

Pada konsep desain 2 dirancang untuk dapat menampung 3 buah produk sekaligus. Bagian *horizontal* dan *vertical* dari *fixture* digabungkan dengan menggunakan las.



Gambar 5. Konsep Desain 2 (posisi depan *fixture* terhadap ragum)

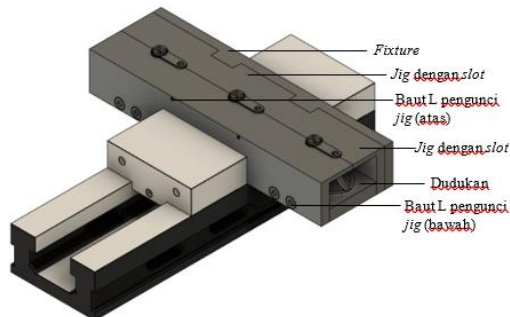


Gambar 6. Konsep Desain 2 (posisi belakang *fixture* terhadap ragum)

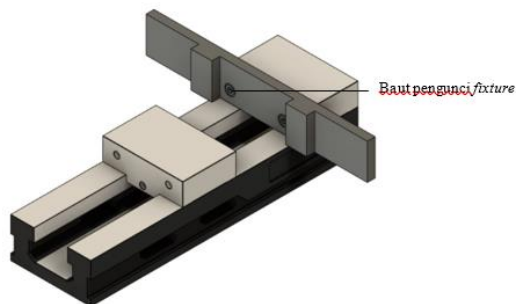
Cara kerja dari konsep desain 2 ini menggunakan sistem yang sama dengan *fixture existing* pada proses *loading* dan *unloading* nya yaitu dilakukan secara bergantian, yang mana ketika mesin selesai proses permesinan operator akan melepas produk dari *fixture*, lalu mengganti dan memasang produk dengan yang baru, hal ini membuat mesin berhenti untuk waktu yang relatif lama karena *operator* harus menyiapkan produk yang baru terlebih dahulu serta memasang satu persatu produk pada *fixture* tersebut sebelum mesin dioperasikan kembali. Pada konsep desain 2 tersebut terdapat dudukan yang berfungsi sebagai meja untuk meletakkan produk, dudukan tersebut dikunci secara *horizontal* terhadap *fixture* tetap dengan baut L ukuran M8 sebanyak 4 buah serta dikunci secara *vertical* terhadap penyangga dengan baut L ukuran M8 sebanyak 2 buah. Penyangga pada bagian bawah kanan dan kiri berfungsi untuk *support* dudukan produk karena produk pada bagian tersebut tidak berada diatas ragum yang berguna untuk mencegah potensi *bending* yang terjadi ketika proses permesinan berlangsung.

### 3.4 Konsep Desain 3

Pada konsep desain 3 dirancang untuk dapat menampung 3 buah produk sekaligus, cara kerjanya sama dengan konsep desain 1 yaitu menggunakan sistem *plug and play*. Produk dicekam dengan menggunakan *jig* yang dikunci dengan baut L ukuran M8 sebanyak 6 buah pada bagian bawah *jig* tanpa *slot* dan dikunci pada bagian atas *jig* tanpa *slot* dengan baut L ukuran M3 sebanyak 2 buah.



Gambar 7. Konsep Desain 3 (posisi pengecaman terhadap ragum)



Gambar 8. Konsep Desain 3 (posisi *fixture* terhadap ragum)

*Jig* tersebut dipasangkan kepada *fixture* yang sudah dikunci pada ragum dengan menggunakan baut L ukuran M8 sebanyak 2 buah. Dudukan pada konsep desain 3 tersebut berfungsi sebagai meja untuk meletakkan produk karena posisi produk pada bagian kanan dan kiri tidak berada diatas ragum. Dudukan tersebut dikunci dengan baut L ukuran M8 sebanyak 6 buah pada bagian bawah *jig* dengan *slot*. Desain *slot* pada *fixture* dibuat dengan ukuran 40 x 15 x 68 mm diharapkan dapat mencegah potensi *bending* yang mungkin dapat terjadi. Produk pada konsep desain 3 tersebut memiliki beberapa kekurangan yang menyulitkan operator pada proses *loading* dan *unloading* yaitu dimensinya yang memanjang dan juga berat yang dimiliki lebih besar dibanding konsep desain 1 yang juga menggunakan sistem *plug and play*.

### 3.5 Pemilihan Konsep

Dari 3 konsep yang sudah dibuat maka dilakukan sebuah pemilihan suatu konsep dengan dipilih satu konsep akhir. Dimana nantinya akan direalisasikan untuk menjadi suatu produk jadi yang diharapkan dapat berguna bagi penggunaannya nanti. Untuk

mendapat konsep yang terbaik maka diperlukan tahapan penilaian konsep desain. fungsi, berat, manufaktur dan perbaikan merupakan kriteria seleksi penilaian konsep *jig* dan *fixture oval handle*.

Tabel 2: Matriks Pemilihan Konsep

Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3		Konsep Referensi	
		Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor	Rate	Skor
Desain	30%	5	1.5	2	0.6	4	1.2	3	0.9
Fungsi	25%	4	1	1	0.25	4	1	1	0.25
Manufaktur	25%	4	1	2	0.5	3	0.75	3	0.75
Kekuatan	20%	3	0.6	5	1	4	0.8	3	0.6
Bobot Total	100%								
Nilai Absolut		16	4.1	10	2.35	15	3.75	10	2.5

Note: Nilai rate 1-5 (nilai 1 paling rendah, nilai 5 paling tinggi)

### 3.6 Perhitungan Gaya Potong yang diterima Benda Kerja Terhadap Gaya Cekam Ragum

Langkah pertama adalah menghitung gerak makan per gigi.

$$f_z = \frac{45}{4 \times 900} = 0.0125 \text{ mm/gigi}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung tebal geram sebelum terpotong rata-rata.

$$h_m = 0.0125 \sin \sin 90^\circ \times \sin 60^\circ = 0.01082 \text{ mm}$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung gaya potong spesifik rata-rata proses *freis*.

$$k_{sm} = 2260 \times 0.011^{-0.3} = 8743.6 \text{ N/mm}^2$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung  $A_m$ .

$$A_m = 2 \times 0.01082 = 0.02164 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya adalah menghitung gaya potong pergigi rata-rata.

$$F_{tm} = 0.02164 \times 8743.6 = 189.21 \text{ N}$$

Selanjutnya menghitung momen puntir pahat.

$$M_t = 9550 \times \frac{12}{900} = 127.333 \text{ Nm}$$

Selanjutnya menghitung gaya keliling.

$$F_u = \frac{127.333 \times 2}{6.5} = 39.1795 \text{ N}$$

Selanjutnya menghitung gaya cekam.

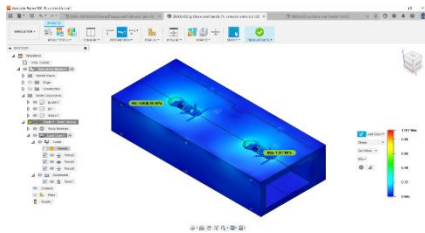
$$F_c = \frac{39.1795 - (0.5 \times 9.8)}{2 \times 0.74} = 23.1618 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui gaya potong spesifik untuk proses *freis* adalah sebesar 189.21 N, gaya cekam ragum yang dibutuhkan untuk mencekam produk dengan aman adalah 23.1618 N.

### 3.8 Simulasi Konsep Desain 1

*Software* yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah *Autodesk Fusion 360*. Gaya yang digunakan adalah gaya potong spesifik untuk proses *freis* sebesar 189.21 N serta gaya cekam ragum sebesar 23.1618 N ke arah Y dan - Y, bagian yang dikenakan gaya terletak pada area cekam dari produk *oval handle*.

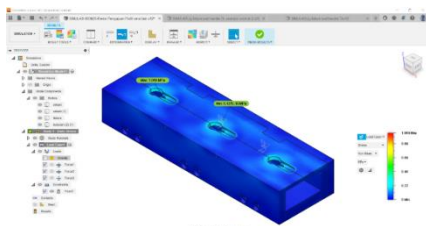
Dari hasil simulasi didapat tegangan maksimal sebesar 1,017 MPa ( $N/mm^2$ ).



Gambar 9. Hasil Simulasi Konsep Desain 1

### 3.9 Simulasi Konsep Desain 2

Software yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah Autodesk Fusion 360. Gaya yang digunakan adalah gaya potong spesifik untuk proses *freis* sebesar 189.21 N serta gaya cekam ragum sebesar 23.1618 N ke arah Y dan - Y, bagian yang dikenakan gaya terletak pada area cekam dari produk *oval handle*. Dari hasil simulasi didapat tegangan maksimal sebesar 0,8671 MPa ( $N/mm^2$ ).



Gambar 10. Hasil Simulasi Konsep Desain 2

### 3.10 Simulasi Konsep Desain 3

Software yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah Autodesk Fusion 360. Gaya yang digunakan adalah gaya potong spesifik untuk proses *freis* sebesar 189.21 N serta gaya cekam ragum sebesar 23.1618 N ke arah Y dan - Y, bagian yang dikenakan gaya terletak pada area cekam dari produk *oval handle*. Dari hasil simulasi didapat tegangan maksimal sebesar 1,049 MPa ( $N/mm^2$ ).



Gambar 11. Hasil Simulasi Konsep Desain 3

### 3.7 Perhitungan Tegangan Ijin

$sf = 1,5 - 2,0$  ; bahan yang sudah diketahui, beban dan tegangan yang tetap dan dapat ditentukan.

$$\sigma_a = \frac{207}{2} = 103,5 \text{ N/mm}^2$$

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan tegangan yang dihasilkan tidak melebihi tegangan ijinnya.

Tabel 3: Hasil Analisa Tegangan *Jig* dan *Fixture*

Desain	Tegangan Software	Tegangan Ijin
Konsep Desain 1	1,017 $N/mm^2$	103,5 $N/mm^2$
Konsep Desain 2	0,8671 $N/mm^2$	
Konsep Desain 3	1,049 $N/mm^2$	

### 3.11 Pembuatan *Jig* dan *Fixture*

Tahap pembuatan merupakan rangkaian pekerjaan dengan pelaksanaan setahap demi setahap sampai menjadi suatu bentuk akhir yang diinginkan dan direncanakan sebelumnya.



Gambar 12. Hasil Simulasi Konsep Desain 3

### 3.12 Pengujian Lapangan

Pada pengujian ini kriteria yang digunakan sebagai parameter pengujian adalah efisiensi waktu dan hasil pengerjaan dari *jig* dan *fixture*.

Tabel 4: Hasil Analisa Data *Jig* dan *Fixture*

Hasil Analisa Data <i>Jig</i> dan <i>Fixture</i> Oval Handle					
No	Percobaan	Sampel	Cutting Time dan waktu Tool Changes	Go no Go Oval Handle	Keterangan
1	Percobaan ke 1	1	0:12:30	Go	Accept
		2	0:12:30	Go	Accept
		3	0:12:27	Go	Accept
2	Percobaan ke 2	4	0:12:27	Go	Accept
		5	0:12:33	Go	Accept
3	Percobaan ke 3	6	0:12:33	Go	Accept
		7	0:12:27	Go	Accept
		8	0:12:27	Go	Accept
4	Percobaan ke 4	9	0:12:29	Go	Accept
		10	0:12:29	Go	Accept

Tabel 5: Hasil Analisa Data *Jig* dan *Fixture*

Hasil Waktu untuk Loading Unloading					
No	Percobaan	Waktu Loading Unloading dengan Produk Existing	Waktu / Hasil Produk (1 produk)	Waktu Loading Unloading dengan Jig dan Fixture	Waktu / Hasil Produk (2 produk)
1	Percobaan ke 1	0:00:34	0:00:34	0:00:35	0:00:17
2	Percobaan ke 2	0:00:30	0:00:30	0:00:27	0:00:13
3	Percobaan ke 3	0:00:31	0:00:31	0:00:25	0:00:12
4	Percobaan ke 4	0:00:35	0:00:35	0:00:33	0:00:16
5	Percobaan ke 5	0:00:29	0:00:29	0:00:30	0:00:15

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pembuatan dan pengujian *jig* dan *fixture oval handle* yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Desain *jig* dan *fixture oval handle* yang efisien untuk sistem *plug and play* adalah dengan menerapkan desain *slot* pada *jig* dan *fixture*. Desain *slot* ini merupakan fungsi utama dalam sistem *plug and play*. Dimensi yang dimiliki *jig* dan *fixture oval handle* adalah berukuran 300 mm x 110 mm x 60 mm.
2. Proses manufaktur konsep desain 1 menjadi desain yang efisien karena memiliki tahapan proses manufaktur paling sedikit yaitu 13 tahapan proses manufaktur dibandingkan dengan konsep desain lainnya yang membutuhkan 16 tahapan proses manufaktur. Proses manufaktur yang dilakukan mulai dari area pencekaman benda kerja (2), pembuatan tempat baut (6), pembuatan bagian *slot* (1), kerataan *jig* (1) dan lubang baut *fixture* (2), serta penggabungan yang menggunakan las (1).
3. Kualitas, kuantitas, dan *cycle time* dari produk yang dihasilkan menggunakan *jig* dan *fixture* memberikan hasil sesuai dengan yang dibutuhkan oleh perusahaan. Kualitas yang dihasilkan dari produk *oval handle* yang diproses menggunakan *jig* dan *fixture* menghasilkan produk yang *acceptable* sesuai dengan ketentuan perusahaan. Kuantitas dari produk *oval handle* yang diproses menggunakan *jig* dan *fixture* dapat menghasilkan 2 produk dalam 1 kali proses permesinan yang jika menggunakan produk *existing* hanya dapat menghasilkan 1 produk dalam 1 kali proses permesinan hal tersebut akan meningkatkan *production rate* dari produk *oval handle*. *Cycle time* dari produk yang diproses menggunakan *jig* dan *fixture* menjadi lebih cepat 1 menit 27 detik, dengan waktu rata-rata *loading* dan *unloading* dari produk *existing* adalah 32 detik untuk 1 produk sedangkan waktu rata-rata *loading* dan *unloading* untuk *jig* dan *fixture* adalah 15 detik untuk 1 produk, dapat disimpulkan selisih waktu rata-rata *loading* dan *unloading* menggunakan *jig* dan *fixture* lebih cepat 17 detik.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar besarnya kepada keluarga, dosen PPNS , teman-teman,

serta seluruh pihak yang terlibat dalam penyelesaian penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

#### 7. PUSTAKA

- [1] Agus Karuniawan, Bayu Prabandono, V. Bram Armunanto (2015). *Analisa Kekuatan dan Kecepatan pada Rancangan Sistem Pencekaman Ragum yang Digunakan di Mesin Milling Mikron Politeknik ATMI Surakarta*. Jurnal Mekanika. Vol. 13 No. 2.
- [2] B. Sentot Wijanarka. (2016). Sumber Belajar Penunjang PLPG 2016 Teknik Permesinan. Bab III Permesinan Frais.
- [3] B. Sudibyo, I.H., (2012). *Kekuatan Dan Tegangan Izin*. Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [4] Batan, I. (2012). *Desain Produk*. Surabaya: Ini Karya Guna.
- [5] G. Hoffman, E. (2011). *Jig and Fixture Design*. New York: Delmar Cengage Learning.
- [6] Rochim Taufiq. (1991), *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan, Laboratorium Teknik Produksi Mesin, Bandung*.
- [7] Rochim Taufiq. (1990), *Gaya Potong Spesifik Untuk Proses Freis Dengan Pahat Bergigi Miring/Helik (Helical End Mills)*. Vol.9 No. 1&2.
- [8] Sumbodo, W. (2008). In *Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2* (p. 324). Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- [9] Ulrich, K & Eppinge, S. (2001). *Product Design and Development*. Singapore: Mc Grawhill.
- [10] Yanis & Leonardo. (2015). *Perancangan dan Pembuatan Alat Bantu Cekam Pada Mesin Sekrap Untuk Mengerjakan Proses Freis*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol. 15 No. 1.