

Rancang Bangun Jig and Fixture Body Valve 250 untuk Proses Milling pada Mesin CNC Milling Horizontal 4 Axis Double Pallet

Andaria¹, Bayu Wiro Karuniawan¹, dan Dhika Aditya Purnomo¹

¹ Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri
Surabaya, Jl. Teknik Kimia, Keputih, Sukolilo, Surabaya, 60111, Indonesia

[Email: andaria28@gmail.com](mailto:andaria28@gmail.com)¹, bayuwiro@ppns.ac.id², adityadhika@ppns.ac.id³

Abstract

PT. Zenith Allmart Precisindo is a national private company engaged in the foundry investment casting industry and advanced machining that accepts orders in the form of mass production. One of the component products produced is the body valve 250. This product is a component part of the butterfly valve, which is the body of the valve. The body valve 250 product has five machining processes, and these five processes are carried out on different machines. The first process is done on a manual milling machine, the second process is done on a CNC wirecut machine, the third process is done on a CNC turning machine, the fourth and fifth processes are done on different CNC milling machines. The milling process for the body valve 250 product has a weakness, which requires more CNC milling machines to process each part. This also affects the dimensions between the upper and lower shaftholes of the body valve 250 product which are not concentric. In order to help the process of finishing the body valve 250 product quickly and have accurate dimensions, jig and fixture were made, so as to reduce the use of CNC milling machines. The method used in this study is the Ulrich method by making 3 different design concepts. This body valve 250 jig and fixture produces 12 products in 1 day with 3 shifts

Keyword: jig, fixture, CNC milling horizontal, casting, body valve.

Nomenclature

n	Putaran alat potong (rpm)
Fz	Gaya tekan (N)
d	Diameter gurdi (mm)
f	Gerak Makan (mm/r)
C1C2	Konstanta yang harganya dipengaruhi oleh jenis benda kerja dan pemakaian cairan pendingin.
x,y,m,n	Pangkat untuk diameter dan gerak makan dalam rumus korelasi momen dan gaya.
Mt	Momen puntir (Nm)
Ft	Gaya tangensial pada mata potong (N)
A	Penampang geram sebelum terpotong (mm ²)
Kd	Gaya potong spesifik gurdi (N/mm ²)
Tc	Waktu Pemotongan (mm/putaran)
Z	Kecepatan penghasil gram (mm ³ /min)
hm	Tebal geram sebelum terpotong rata-rata (mm)
ksm	Gaya potong spesifik rata-rata (N/mm ²)
ks1.1	Gaya potong spesifik referensi (N/mm ²)
Ftm	Gaya potong pergigi rata-rata (N)
Am	Penampang geram sebelum terpotong rata-rata (mm ²)
a	Gerak makan per gigi (mm/gigi)
kr	90° 60°
p	Pangkat untuk tebal geram rata-rata
fz	Gerak makan per gigi (mm/gigi)
vf	Kecepatan makan (mm/min) z Jumlah gigi (mata potong)
σa	Tegangan ijin
σy	Tegangan yield
sf	Safety factor
Pmtr	Power yang dihasilkan oleh motor listrik
n	Putaran alat potong (rpm)
Fu	Gaya keliling (N)
d	Diameter alat potong (mm)
Fc	Gaya cekam (N)
m	Massa benda kerja (kg)
g	Gaya gravitasi (m/s ²)

1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan manufaktur di Indonesia yang bergerak dalam bidang *foundry investment casting* dan juga permesinan lanjutan adalah PT. Zenith Allmart Precisindo. Contoh produk yang dihasilkan seperti *body valve*, *valve*, *pipe* dan beberapa produk *casting* lainnya. Salah satu produk yang di produksi secara *continue* adalah *body valve 250* dengan permintaan kurang lebih mencapai 200 pcs perbulan. *Body valve 250* adalah salah satu komponen utama atau *body* pada *butterfly valve*. Proses pembuatan *body valve 250* memiliki beberapa tahap pembuatan yaitu dimulai dari pembuatan *mold body valve 250*, injeksi *mold* dengan bahan lilin, pelapisan dengan *mullite sand*, pelelehan lilin pada tungku api, penuangan material ke cetakan, dan tidak terlepas dari proses *machining* untuk *finishing* produk *body valve* ini. Untuk proses *machining* produk *body valve 250* ini menggunakan mesin CNC *milling 3 Axis* dengan menggunakan bantuan *jig* dan *stopper* untuk mempercepat proses produksi, akan tetapi proses *machining* di CNC *milling 3 axis* dengan menggunakan *stopper* dan *jig* sebagai alat bantu proses produksi mempunyai kelemahan, yang dimana membutuhkan beberapa mesin CNC *milling* untuk memproses setiap bagian produk *body valve 250* sehingga menyebabkan keterlambatan *finishing* produk lain. Selain itu, kelemahan lainnya adalah hasil dimensi geometri yang diperoleh dari proses *machining* antara *shafthole* atas dan bawah produk tidak *concentric*, karena diproses pada mesin yang berbeda. Agar dapat membantu proses *finishing* produksi *body valve 250* secara cepat dan akurat maka diperlukan alat bantu berupa *jig* dan *fixture* untuk memproduksi *body valve 250* dalam jumlah banyak.

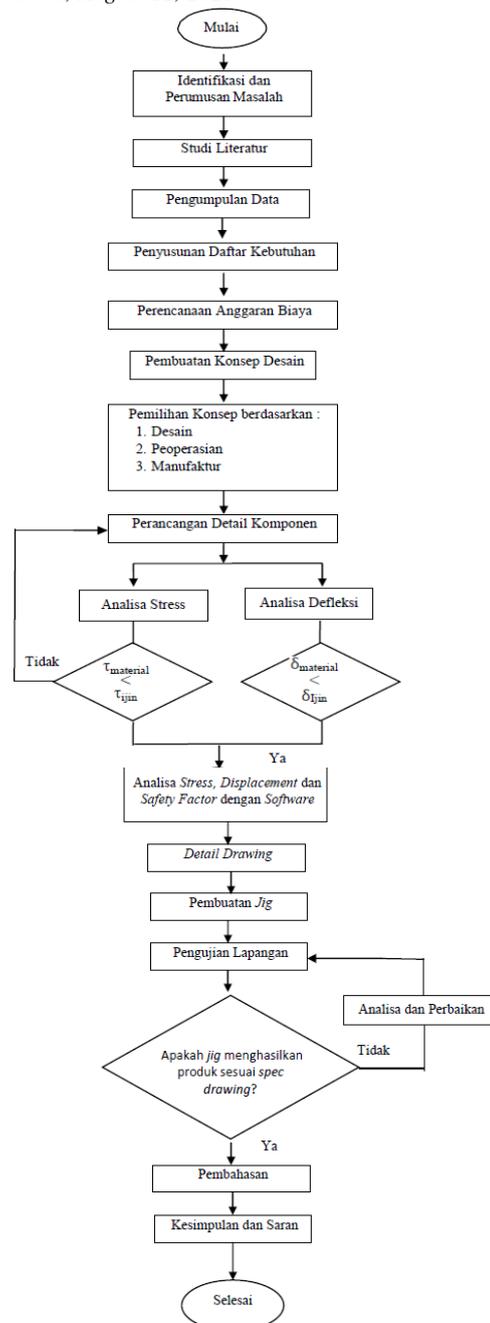
Jig adalah sebuah alat bantu khusus produksi yang berfungsi sebagai pemegang, pengarah, dan menempatkan benda kerja diposisi yang sesuai dengan proses pengerjaan produk tersebut secara akurat, dan menjamin keakuratan ukuran apabila terjadinya pengulangan (*repetition*) dalam proses produksi. *Fixture* merupakan suatu media alat bantu pendukung *jig* yang digunakan sebagai pengontrol penempatan produk agar sesuai proses pengerjaan produk. *Jig* dan *fixture* berperan penting dalam proses *milling* produksi produk *body valve 250*. Pada PT. Zenith Allmart Precisindo terdapat mesin CNC *milling horizontal 4 axis double pallet* untuk mengerjakan produk *casting* yang lain akan tetapi di mesin CNC *milling horizontal 4 axis double pallet* ini belum terdapat *jig* dan *fixture* untuk menunjang proses *milling* produk *body valve 250*.

Berdasarkan permasalahan yang telah dijelaskan pada latar belakang, maka dibuat *jig* dan *fixture* untuk proses *milling* produk *body valve 250* di mesin CNC *milling horizontal 4 axis double pallet*. Dengan dibuatnya *jig* dan *fixture* ini dapat membantu mempercepat proses produksi *body valve 250* sehingga target yang ditentukan oleh customer dapat tercapai dan mengurangi penggunaan mesin CNC *milling* untuk proses produk *body valve 250*, sehingga mesin yang lain dapat digunakan untuk memproses *milling* produk yang lain.

2. METODE PENELITIAN

Untuk merancang dan membuat *jig* dan *fixture*, diperlukan beberapa hal, seperti menentukan daftar kebutuhan *jig* dan *fixture*, Pembuatan konsep desain *jig* dan *fixture*, penilaian konsep desain *jig* dan *fixture*, dan pembuatan *jig* dan *fixture*.

2.1 Diagram Alir



Gambar 1. Diagram Alir

2.2 Metode Ulrich

Seorang ahli perancangan dan pengembangan produk Ulrich, pada tahun 2002 melakukan konsep sebuah produk, seperti. Produk harus dirancang secara matang, karena proses tersebut akan mempengaruhi proses selanjutnya. Langkah-langkah yang harus dilakukan oleh seorang desainer dalam perancangan dan pengembangan produk adalah : mengidentifikasi kebutuhan konsumen, menetapkan spesifikasi produk, melakukan analisa kompetisi produk, mengembangkan dan memilih konsep, menyempurnakan spesifikasi, analisa ekonomi produk, dan perencanaan proyek yang digunakan sebagai pengembangan produk.

2.2 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Untuk memahami kebutuhan konsumen diperlukan penyusunan daftar kebutuhan dan dikomunikasikan secara efektif kepada tim pengembang. Untuk menentukan daftar kebutuhan dibuat tabel seperti tabel 1 dibawah :

Tabel 1: Daftar Kebutuhan

No	Daftar Kebutuhan			
	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab	

Sumber : (Batan, 2012)

Keterangan :

- S : Syarat
- H : Harapan

Tujuan identifikasi kebutuhan pelanggan yaitu :

- a. Memastikan bahwa produk berfokus pada kebutuhan pihak konsumen.
- b. Mengidentifikasi kebutuhan eksplisit konsumen yang tersembunyi yang tidak terucapkan.
- c. Menjamin tidak adanya kebutuhan konsumen penting yang terlupakan.
- d. Memberikan pemahaman tentang kebutuhan konsumen kepada anggota tim pengembang.

2.4 Penyusunan Konsep

Konsep adalah gambaran tentang bentuk, fungsi, dan tampilan suatu produk dan biasanya disertai dengan sekumpulan spesifikasi, analisis produk serta pertimbangan ekonomis proyek. Pada tahap pengembangan konsep ini, kebutuhan pasar target mulai dilakukan identifikasikan, alternatif konsep produk dibangkitkan dan dievaluasi yang nantinya satu atau lebih konsep akan dipilih untuk dikembangkan lagi dan percobaan yang lebih jauh. Proses penyusunan konsep harus memperhatikan tujuan awal yang telah ditetapkan. Sedangkan fungsi merupakan tujuan akhir dari perancangan yang dibuat.

2.5 Penilaian Konsep

Penilaian konsep adalah lanjutan dari langkah penyaringan konsep. Bentuk matrik dari penilaian konsep hampir sama dengan matrik penyaringan konsep, yang membedakan adalah terletak pada kriteria yang akan diberi bobot penilaian sesuai dengan besarnya kepentingan dari tiap kriteria. Langkah- langkah dalam penilain konsep sendiri sama dengan langkah-langkah penyaringan konsep.

Tabel 2: Tabel Penilaian Konsep

Matrik Penilaian Konsep									
Kriteria Seleksi	Bobot	Konsep Produk (A,B,C & Referensi)							
		Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot
Desain									
Waktu Pengerjaan									
Material									
Jenis Pengekaman									
Stopper									
Bobot Total	100%								
Nilai Absolut									

Sumber : (Batan, 2012)

2.6 Gaya Potong Pahat terhadap benda kerja pada Proses Gurdi (Drilling)

Hasil yang diperoleh dengan berbagai kondisi pengguridian secara umum, akan menghasilkan persamaan korelasi sebagai berikut :

$$M_t = C_1 d^x f^z$$

$$F_z = C_2 d^m f^n$$

Dengan menggunakan rumus di atas serta data pengguridian diperoleh gaya potong spesifik sebagai berikut :

$$F_t = \frac{M_t}{(d/2) A} = dx f$$

$$K_d = \frac{F_t}{A}$$

Dari hasil percobaan, diketahui bahwa harga x dan y dipengaruhi oleh harga rata – rata, dan jenis benda kerja, harga terbaiknya dan harga konstanta C₁ dan C₂ yang diperoleh dari hasil percobaan dan merupakan data permesinan yang dapat digunakan untuk perhitungan momen dan gaya tekan dalam proses gurdi seperti pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3: Data Pemesinan Untuk Proses Gurd

Benda Kerja (SAE-DIN)	Untuk Momen Puntir				Untuk Gaya Tekan	
	C ₁	X	Y	C ₂	m	n
Baja (1020-C 22)	536	1.8	0.78	575	1	0.78
(1035-C 235)	620	1.8	0.78	605	1	0.78
(1112-9S20)	410	1.8	0.78	-	-	-
(3151 -)	741	1.8	0.78	720	1	0.78
Besi Tuang	300	1.7	0.6	376	1	0.6
Kuningan	115	1.9	0.73	187	1	0.6
Aluminium	131	1.9	0.83	200	1.2	1.1

nSumber : (Rochim, Taufiq, 1985)

2.7. Gaya Pemotongan Spesifik Dalam Proses Fraisi (Milling)

Bila gaya potong tangensial F_t didefinisikan sebagai berikut (Taufiq Rochim;1993) :

$$F_t = A \times k_s, \text{ maka}$$

$$F_{tm} = A_m \times k_{sm}$$

Terdapat perbedaan antara proses fraisi datar dan tegak yang berada pada penampang geram A_m :

$$A_m = b \times h_m$$

Dengan :

h_m adalah tebal geram sebelum terpotong rata rata (mm)

untuk mengfraisi datar dengan persamaan $f_z \times \sqrt{a}$

untuk mengfraisi tegak $f_z \sin k_r \times \sin \phi$

$$k_{sm} = k_{s1.1} \times h_m^{-p}$$

2.8. Gaya Pencekaman

$$M_t = 9550 \times \frac{P_{motor}}{n}$$

$$F_{\mu d} = \frac{M_t \times 2}{F_c = \frac{F_u - (m \times g)}{2 \times \mu}} =$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kajian Produk Pembandingan

Kajian produk pembandingan adalah tahapan untuk mengetahui keunggulan dan kelemahan dari produk *existing* dengan produk baru.

Tabel 4: Kajian Pembandingan Produk

Kajian Produk Pembandingan (jig dan fixture lama dengan jig dan fixture baru)		
No.	Kelemahan jig dan fixture lama	Keunggulan jig dan fixture baru
1.	Penumpukan proses produksi	Pengurangan penumpukan produk
2	Setiap 1 OP 1 mesin CNC milling	Setting referensi produk lebih cepat
3	Proses produksi yang lamban	3 OP menjadi 1 OP
4	Membutuhkan waktu loading dan unloading yang lebih lama	Pengurangan waktu loading dan unloading
5	Hasil pengerjaan proses milling kurang akurat	Dimensi produk akurat / satu sumbu
6		Meminimalkan penggunaan mesin CNC milling

3.2 Penyusunan Daftar Kebutuhan

Penyusunan daftar kebutuhan merupakan tahapan pengumpulan data yang diperoleh dari diskusi dari pihak perusahaan khususnya dari general manager perusahaan, kepala divisi *machining*, operator mesin CNC *milling* dan kepala divisi bagian *jig dan fixture* Produk PT. Zenith Allmart Precisindo.

Tabel 5 Daftar Kebutuhan

Daftar Kebutuhan			
Aspek	S/H	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
Bahan	S	- Bahan yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan perusahaan	Tim Manufaktur
Pengoperasian	S H S	- Dapat digunakan untuk pengerjaan proses <i>milling</i> yang sesuai spec drawing - Mudah dioperasikan untuk menghasilkan <i>Body valve</i> 250 - Dapat mempercepat proses produksi	Tim Desain Dan Tim Manufaktur
Referensi	S	- Dapat digunakan sebagai acuan <i>setting</i> produk	Tim Manufaktur
<i>Loading Unloading</i>	H	- Mengurangi penumpukan saat memproduksi produk	Tim Desain Dan Tim Manufaktur
Manufaktur	S	- Produk yang dibuat mudah dimanufaktur	Tim Manufaktur
Biaya	H	- Biaya yang dibutuhkan untuk membuat produk tidak terlalu mahal	Tim Manufaktur

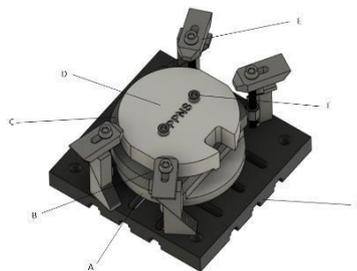
Keterangan :

S = syarat H = harapan

3.3 Pembuatan Konsep Desain

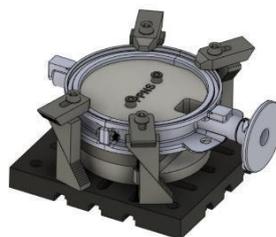
Dari daftar kebutuhan produk, didapatkan spesifikasi produk untuk dilanjutkan pada tahap pembuatan konsep desain. konsep ini nantinya akan dipilih untuk diwujudkan menjadi sebuah produk. Berikut adalah 3 konsep desain yang sudah dibuat sesuai daftar kebutuhan :

3.3.1 Konsep Desain 1



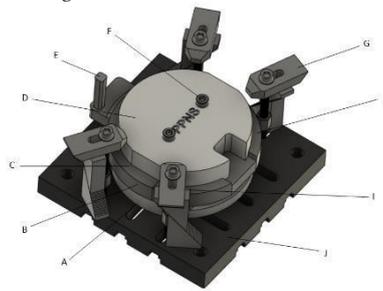
Gambar 2. Konsep Desain 1 Jig dan Fixture

Pada konsep desain 1 *jig* dan *fixture* ini dirancang untuk proses produksi di mesin CNC *milling horizontal 4 axis double pallet* untuk pengerjaan proses 4 dan 5 (OP 4 & 5) dari produk *body valve* 250. Pada konsep desain 1 ini terdapat base bawah yang didesain agar *spindle* tidak menabrak meja mesin ketika proses *milling* berlangsung. Pada bagian tengah terdapat Pada konsep desain 1 ini terdapat *jig* diameter yang digunakan sebagai *referensi setting* produk serta terdapat pembebas gram dan tool dengan ukuran 45 x 54 x 57 cm. Untuk *jig* diameter akan dilepas untuk dilakukan proses *milling shafthole* pada bagian bawah produk. Pada konsep desain 1 ini menggunakan clamping kit berjenis *strap clamp* berjumlah 4 set yang di baut dari meja mesin ke bagian diameter atas produk. Gambar *jig* dan *fixture* yang sudah dirakit dan *setting* ada pada gambar berikut



Gambar 3. Konsep Desain 1 Jig dan Fixture Full Assembly

3.3.2 Konsep Desain 2



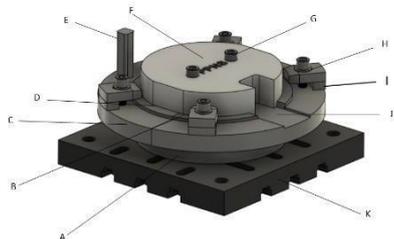
Gambar 4. Konsep Desain 2 Jig dan Fixture

Pada konsep desain 2 jig dan fixture ini dirancang untuk proses produksi di mesin CNC *milling horizontal 4 axis double pallet* untuk pengerjaan proses 4 dan 5 (OP 4 & 5) dari produk *body valve 250*. Hampir sama dengan konsep desain 1, namun ada beberapa perbedaan yang terdapat pada konsep desain 2 ini, salah satunya yaitu terletak pada jumlah fixture-nya yang berjumlah dua. Pada konsep desain 2 ini terdapat jig diameter yang digunakan sebagai referensi *setting* produk. Setelah OP5 selesai, jig diameter dan fixture 2 akan dilepas untuk dilakukan proses *milling shafthole* bagian bawah produk. Perbedaan yang kedua dari konsep desain 1 adalah terdapat *stopper* yang terletak pada fixture yang bisa dilepas pasang. Perbedaan lainnya adalah terdapat pin yang digunakan sebagai *positioning fixture*. Pada konsep desain 2 ini menggunakan *clamping kit* berjenis *strap clamp* berjumlah 4 set yang di baut dari meja mesin ke bagian diameter atas produk. Gambar jig dan fixture yang sudah di rakit dan disetting ada pada gambar berikut



Gambar 5. Konsep Desain 2 Jig dan Fixture Full Assembly

3.3.3 Konsep Desain 3



Gambar 6. Konsep Desain 3 Jig dan Fixture

Hampir sama dengan konsep desain 2, namun ada beberapa perbedaan signifikan yang terdapat pada konsep desain 3 ini, seperti pada *clamping system* dan bagian produk yang akan di clamp. Bagian produk yang di clamp adalah bagian diameter bawah produk. *Clamping*-nya berjumlah 4 set yang dibaut dari fixture, berbeda dengan konsep desain 1 dan 2 menggunakan *clamping kit* yang dibaut dari meja mesin. Perbedaan selanjutnya adalah terletak pada dimensi fixture yang lebih lebar karena digunakan sebagai tempat *clamping system*-nya.



Gambar 7. Konsep Desain 3 Jig dan Fixture Full Assembly

3.4 Pemilihan Konsep

Dari 3 konsep yang sudah dibuat maka selanjutnya dilakukan sebuah pemilihan suatu konsep desain yang terpilih sebagai satu konsep yang dibuat.

Tabel 6 Pemilihan Konsep

Kriteria Seleksi	bobot	konsep 1		konsep 2		konsep 3		existing	
		rate	skor bobot						
pengoperasian	20%	4	0.8	5	1	3	0.6	1	0.2
manufaktur	20%	4	0.8	4	0.8	3	0.6	5	1
referensi setting	40%	3	0.6	5	1	5	1	1	0.4
Biaya	20%	4	0.6	3	0.4	2	0.2	5	1
Bobot Total	100%								
Nilai Absolut		15	2.8	17	3.2	13	2.4	12	2.6

3.5 Analisa Perhitungan Proses Gaya Potong Spesifik Gurdi (*Drilling*)

Untuk kecepatan potong yang direkomendasi sesuai katalog adalah 140-200 m/min serta gerak makan per gigi sebesar 0,06 – 0,1 mm/rev.

Dari beberapa informasi di atas, dapat diketahui kecepatan putaran mesin dengan menggunakan persamaan berikut

$$V = \frac{\pi d n}{1000}$$

$$160 = \frac{106,76 \times n}{1000}$$

$$160 = \frac{106,76 \times n}{1000}$$

$$n = \frac{160.000}{106,76} = 1.498,7 \text{ rpm}$$

Kemudian untuk menentukan gaya potong pahat terhadap benda kerja pada proses penggurdian dilakukan dengan cara menghitung besarnya momen puntir yang terjadi persamaan ini.

$$M_t = C_1 \times d^x \times f^y$$

$$M_t = 536 \times 34^{1,8} \times 0,07^{0,78}$$

$$M_t = 536 \times 571,03 \times 0,13$$

$$M_t = 39.789,37 \text{ Nm}$$

Setelah momen puntir diketahui, Langkah selanjutnya adalah menghitung gaya tekan yang terjadi pada saat proses penggurdian dengan persamaan berikut.

$$F_z = C_2 \times d^m \times f^n$$

$$F_z = 575 \times 34^1 \times 0,07^{0,78}$$

$$F_z = 575 \times 34 \times 0,13$$

$$F_z = 2.541,5 \text{ N}$$

Dari hasil persamaan diatas, dapat digunakan untuk menentukan gaya tangensial yang terjadi pada mata potong seperti pada persamaan berikut.

$$F_t = \frac{M_t (d/2)}$$

$$= \frac{39.789,37}{(34/2)}$$

$$= 2.340,55 \text{ N/mm}^2$$

Langkah selanjutnya adalah menentukan penampang gram sebelum terpotong yang didapat dari persamaan berikut.

$$A = \frac{F_t}{4}$$

$$= \frac{2.340,55}{4}$$

$$= 0,595 \text{ mm}^2$$

Sehingga didapatkan gaya potong spesifik dari proses penggurdian dengan persamaan

$$K_d = \frac{F_t}{A}$$

$$= \frac{2.340,55}{0,595}$$

$$= 3.933,69 \text{ N}$$

3.6 Analisa Perhitungan Gaya Potong Spesifik Proses Frais

Langkah pertama adalah menghitung tebal geram sebelum terpotong rata-rata, karena proses freis yang digunakan datar sehingga menggunakan persamaan dibawah ini, dari rumus diketahui kr adalah 90° dan α adalah 60° .

$$h_m = f_z \times \sqrt{\frac{a}{d}}$$

$$h_m = 0,04 \times \sqrt{\frac{3}{16}}$$

$$h_m = 0,04 \times 0,43 = 0.028 \text{ mm}$$

Untuk menentukan nilai $k_{s1.1}$ dan p perlu diketahui terlebih dahulu jenis benda kerja yang digunakan. jenis benda kerja yang digunakan adalah *stainless steel* dengan grade 316 memiliki klasifikasi DIN 18 Cr 8 Ni, dengan nilai $k_{s1.1}$ adalah 2260 N/mm² dan p adalah 0,3. Untuk menghitung gaya potong spesifik rata-rata proses freis digunakan persamaan berikut.

$$k_{sm} = k_{s1.1} \times h_m^{-p}$$

$$k_{sm} = 2260 \times 0.028^{-0.3}$$

$$k_{sm} = 6.599,2 \text{ N/mm}^2$$

Langkah selanjutnya adalah menghitung A_m . karena proses freis yang digunakan datar jadi lebar geram sebelum terpotong (b) yang digunakan adalah kedalaman potong (w)

$$A_m = b \times h_m$$

$$A_m = 85 \times 0.028$$

$$A_m = 2.38 \text{ mm}^2$$

Selanjutnya adalah menghitung gaya potong pergigi rata-rata atau gaya potong spesifik dengan persamaan berikut

$$F_{tm} = A_m \times k_{sm}$$

$$F_{tm} = 2.38 \times 3060$$

$$F_{tm} = 7.282,8 \text{ N}$$

3.7 Analisa Perhitungan Gaya yang Terjadi pada Meja Mesin

Diketahui mesin CNC yang digunakan adalah mesin CNC *horizontal 4 axis double pallet* DMG MORI yang

direncanakan untuk uji coba *jig* dan *fixture body valve* 250. Power yang dihasilkan oleh motor listrik sebesar 51 kVA yang dikonversi menjadi satuan kW menjadi 40,8 kW.

$$M_t = 9550 \times \frac{P_{motor}}{n}$$

$$M_t = 9550 \times \frac{40,8}{330}$$

$$M_t = 9550 \times 0,12 = 1180,72 \text{ Nm}$$

Kemudian mencari gaya keliling yang terjadi dengan persamaan

$$F_m = \frac{M_t \times 2}{d}$$

$$F_m = \frac{1180,72 \times 2}{16}$$

$$= 147,6 \text{ N}$$

Untuk menghitung gaya cekam, menggunakan persamaan berikut.

$$F_c = \frac{F_m \times (m \times g)}{2 \times \mu}$$

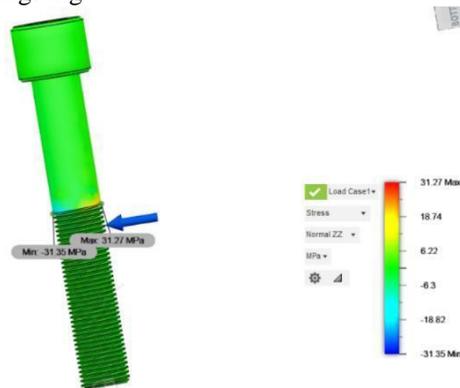
$$F_c = \frac{147,6 \times (11,17 \times 9,8)}{2 \times 0,74}$$

$$= 25,77 \text{ N}$$

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui gaya potong spesifik untuk penggurdian adalah sebesar 3.933,69 N/mm², sedangkan proses *freis* adalah sebesar 7.282,8 N, dan gaya cekam ragum yang dibutuhkan untuk mencekam produk dengan aman adalah 25,77 N.

3.8 Analisa Tegangan Geser pada Software

Analisa kekuatan baut yang ada pada *jig* dan *fixture* dilakukan untuk memastikan tidak terjadi kegagalan produk saat proses permesinan produk. Hasil analisa perhitungan manual akan dibandingkan dengan hasil analisa menggunakan *software* Fusion 360. Gaya yang digunakan adalah gaya potong spesifik untuk proses *freis* sebesar 1456,56 N yang didapat dari gaya potong spesifik yang terjadi untuk tiap baut, dengan arah pembebanan mengarah ke depan (Z). Dan ada 4 *faces* yang diberikan *fixed constraints* yang berada pada permukaan baut karena bagian permukaan ini adalah bagian yang tidak akan bergerak saat proses *milling* berlangsung.



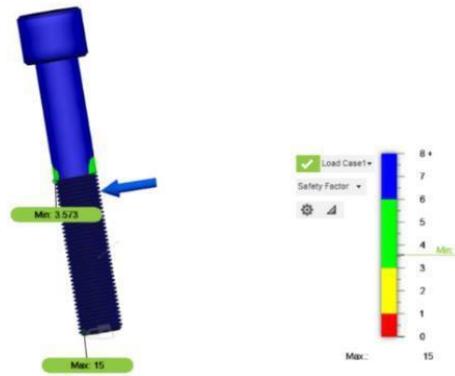
Gambar 8.. Analisa baut menggunakan software

Dari hasil analisa gaya geser perhitungan manual dan analisa pada *software*, tegangan yang terjadi pada baut M16 x 1,5 lebih kecil daripada tegangan ijin dari material baut. Sehingga dengan menggunakan 5 baut cukup mencegam agar produk *body valve* 250 tidak bergerak dan berputar pada tempat yang telah dicekam menggunakan *clamp* pada *Jig* dan *Fixture* untuk proses *milling*. stress minimum yang terjadi adalah 0,015 N/mm².

Tabel 7. Perbandingan Perhitungan *Stress* Manual dan *Software*

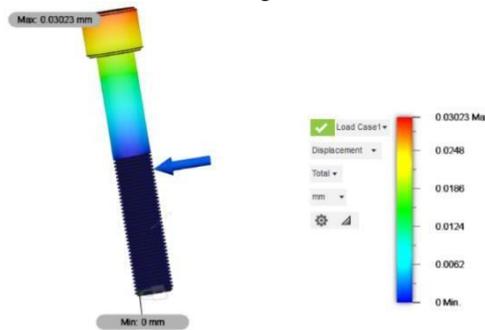
	Perhitungan Manual	Tegangan Ijin	Analisa Software
Hasil Tegangan (N/mm ²)	29,26	152,5	31,27

Dari hasil analisa *safety factor fixture*, setelah diberi pebebanan sebesar 1456,56 N adalah sebesar 15. Hasil dari analisa dapat diartikan bahwa *safety factor* dari baut yang akan digunakan sangat tinggi sehingga tergolong aman untuk digunakan. Gambar di bawah merupakan hasil dari analisa pada *software* fusion 360.



Gambar 8.. Analisa *Safety Factor* menggunakan software

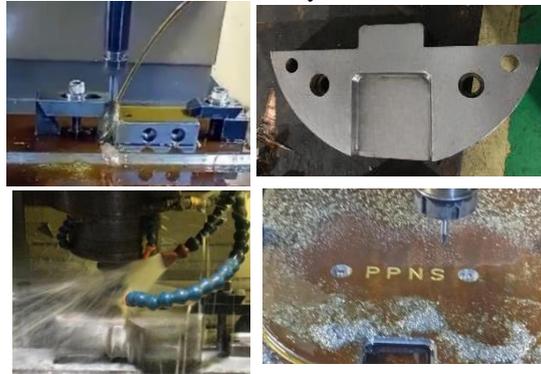
Dari hasil analisa *displacement fixture*, *displacement* maksimum yang terjadi pada *fixture body valve 250* setelah diberi pebebanan sebesar 1456,56 N adalah sebesar 0,03 mm. Gambar berikut merupakan hasil dari analisa *displacement*, dapat diartikan bahwa baut yang digunakan termasuk aman untuk digunakan.



Gambar 10. Analisa *displacement* baut menggunakan software

3.9 Pembuatan *Jig* dan *Fixture*

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



Gambar 11. Proses Pembuatan *Jig* dan *Fixture*

3.10 Pengujian Lapangan

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

3.10.1 Pengujian Produk dengan *Jig Existing*

Tahap pengujian produk dengan *jig* yang lama berfungsi sebagai pembandingan produk dengan pengujian *jig* dan *fixture* yang baru dibuat,

Tabel 8. Spesifikasi *Jig Existing*

Spesifikasi <i>Jig Existing Body Valve 250</i>	
Plat <i>Stopper</i> (3x)	350 x 150 x 5mm
<i>Jig</i> Diameter	R168 x 63
Total Weight	27,71 kg

Tabel 9. Hasil Waktu Pengujian Proses Milling 1

<i>jig existing body valve 250 pada mesin</i>	<i>Cutting time dan Tool Changes</i>	<i>Handling Time</i>	<i>Cycle Time</i>
mesin YCM MV106A	116.36 menit	15.23 menit	131.59 menit
3 axis vertikal	114.45 menit	10.53 menit	125.38 menit
OP 4	114.46 menit	10.43 menit	125.29 menit
	114.33 menit	10.53 menit	125.26 menit
	114.54 menit	10.10 menit	126.04 menit

Tabel 10. Hasil Dimensi Pengujian Proses Milling 1

Dimensi	Percobaan ke-				
	1	2	3	4	5
0.0 +0,1 (concentric)	0,45	0,38	0,34	0,42	0,44
0,0 +0,1 (concentric)	0,36	0,31	0,29	0,32	0,39
0.0 +0,1 (concentric)	0,46	0,42	0,35	0,48	0,41

Tabel 11. Hasil Waktu Pengujian Proses Milling 2

<i>jig existing body valve 250 pada mesin</i>	<i>Cutting time dan Tool Changes</i>	<i>Handling Time</i>	<i>Cycle Time</i>
mesin Y CM MV106A 3	29.39 menit	25.23 menit	55.04 menit
axis vertikal	29.59 menit	25.14 menit	55.13 menit
OP 5	29.53 menit	25.22 menit	55.15 menit
	28.10 menit	25.43 menit	55.53 menit
	29.26 menit	25.08 menit	55.34 menit

Tabel 12. Hasil Dimensi Pengujian Proses Milling 2

No. Drawing	Dimensi	Percobaan ke-				
		1	2	3	4	5
59	0,0 +0,1 (concentric)	0,35	0,39	0,37	0,43	0,54

3.10.2 Pengujian Produk dengan Jig dan Fixture Baru

Berikut merupakan gambar pengoperasian *jig* dan *fixture* yang baru.



Gambar 12. Proses Pembuatan Jig dan Fixture

Berikut merupakan spesifikasi *jig* dan *fixture* baru *body valve 250*

Tabel 13. Spesifikasi Jig dan Fixture Baru

Spesifikasi Jig dan Fixture Baru Body Valve 250	
Jig Diameter	Ø260 x T 56
Fixture 1	Ø300 x T 40
Fixture 2	Ø300 x T 40
Base Bawah	Ø280 x T 50
Tempat Stopper	P 100 x L 53,5 x T 30
Stopper	Ø 20 x T 110
Clamping	4 set strap clamp M16
Total Weight	63.6 kg

Hasil uji lapangan yang diambil dari *jig* dan *fixture* baru ini adalah waktu keseluruhan proses *machining* yang mampu dilakukan oleh *jig* dan *fixture* baru ini di mesin CNC *milling horizontal 4 axis double pallet* adalah bisa memproses semua proses *milling* pada produk *body valve 250*.

Tabel 12. Hasil Waktu Pengujian Proses Milling Jig dan Fixture Baru

<i>jig dan fixture body valve 250 pada mesin DMG Mori</i>	<i>Cutting Time dan Tool Changes</i>	<i>Handling Time</i>	<i>Cycle Time</i>
OP 1 dan 2	104.49 menit	14.49 menit	119.38 menit
	104.58 menit	9.55 menit	114.53 menit
	106.21 menit	10.37 menit	116.58 menit
	106.25 menit	10.05 menit	116.30 menit
	105.25 menit	10.43 menit	116.08 menit

Untuk dimensi pada proses *milling* menggunakan *jig* dan *fixture* baru ini *concentric* antara *shafthole* atas dan *shafthole* bawah produk mudah didapat, karena proses *milling* antara produk bawah dan produk atas dilakukan di mesin yang sama dengan satu *operation process*. Data pengukuran hasil pengujian menggunakan *jig* dan *fixture* baru produk *body valve 250* dapat dilihat pada tabel dibawah ini

No. DWG	Dimensi	Percobaan ke-				
		1	2	3	4	5
4	13.5 +0.3	13,60	13,58	13,75	13,62	13,69
5	125 ± 0.2	124,97	124,97	124,98	124,95	124,98
10	45 ±0,25	44,89	44,92	45,05	44,97	45,11
11	90 ±0,25	90,05	89,94	90,18	90,2	90,15
12	85 +0,2	85,06	85,01	85,04	85,03	85,12
13	0.0 +0.1 (concentric)	0,08	0,095	0,083	0,078	0,085
16	7,5 +1	7,83	7,85	7,89	7,81	7,78
17	151 +0,5	151,10	151,01	151,2	151,25	151,32
29	0.0 +0.1 (concentric)	0,090	0,072	0,083	0,082	0,080
30	0.0 +0.1 (concentric)	0,075	0,080	0,083	0,079	0,092
31	40+0,1	40,06	40,04	40,08	40,05	40,08
32	36,10 +0,15	36,14	36,17	36,11	36,18	36,22
33	15,50 +0,5	15,89	15,63	15,70	15,75	15,83
34	30 ±0,5	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
35	46 ±0,5	46,22	46,06	46,10	46,17	46,24
36	30 ±0,5	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
37	45 ±0,5	Accept	Accept	Accept	Accept	Accept
44	4 +0,5	4,28	4,23	4,35	4,20	4,37
47	274,60 +1	275,14	274,94	274,85	275,20	275,40
48	34 +0,2	34,14	34,17	34,15	34,08	34,17
50	180,50 +1	180,58	180,95	180,77	180,68	180,68
51	34 +0,2 -0,1	34,17	34,08	34,00	34,15	33,98
59	0.0 +0.1 (concentric)	0,090	0,083	0,080	0,085	0,071

4. KESIMPULAN

Kesimpulan didapat berdasarkan perancangan, pembuatan dan pengujian *jig* dan *fixture* yang telah dilakukan, kesimpulan penelitian didapat sebagai berikut :

1. Rancangan *jig* dan *fixture body valve 250* menggunakan software Solidworks dengan menggunakan metode Ulrich sebagai acuan dalam merancang *jig* dan *fixture* dengan membuat 3 konsep desain yang berbeda. Dari ketiga konsep tersebut didapatkan nilai tertinggi adalah konsep desain 2 dengan mempertimbangkan kriteria yang telah ditetapkan. Material dalam pembuatan *jig* dan *fixture* ini adalah *Mild Steel* dan Aluminium. Dimensi pada *jig* dan *fixture body valve 250* memiliki ukuran pada *jig* diameter Ø260 x 56mm, pada *fixture* 1 dan 2 sebesar Ø300 x 40mm, dan *base* bawah sebesar Ø280 x 50mm dengan berat total *jig* dan *fixture* sebesar 63,6kg
2. Proses manufaktur *jig* dan *fixture* mengacu pada konsep desain 2 sebagai konsep desain terpilih. Proses manufaktur *jig* dan *fixture body valve 250* menggunakan mesin manual *milling*, mesin *grinding*, mesin bubut, dan mesin CNC *milling*. Total waktu pembuatan *jig* dan *fixture body valve 250* ini selama 8 hari jam kerja.
3. Kinerja *jig* dan *fixture body valve 250* dari 5 pengujian produk *body valve 250* menghasilkan produk yang sesuai dengan ukuran *spec drawing* dengan tingkat keberhasilan 100% dan dapat digunakan untuk membantu produksi *body valve 250* secara cepat dan tepat. Pada *jig* dan *fixture* ini menghasilkan 1 produk dalam waktu 116 menit, dengan dimensi yang sesuai dengan kriteria yang diinginkan customer tanpa melebihi batas toleransi. Untuk 1 shift dengan 8 jam kerja dapat mendapatkan 4 produk dan untuk 24 jam kerja mendapat sebanyak 12 pcs produk.
4. Total anggaran biaya dalam pembuatan *jig* dan *fixture body valve 250* sebesar Rp 10,656,900,- biaya tersebut sudah termasuk biaya material, biaya *machining* keseluruhan meliputi proses *milling*, *bubut* dan *surface grinding* untuk kerataan permukaan *jig* dan *fixture body valve 250*, serta biaya lain – lain seperti baut dan pin.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam penyusunan, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada kedua orang tua penulis dan saudara-saudari penulis atas semua dukungan kepada penulis. Bapak Bayu Wiro Karuniawan S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Dhika Aditya Purnomo S.ST., MT selaku Dosen Pembimbing II yang memberikan bimbingan dan nasehat. Bapak Muhammad Nur Afifi selaku pihak PT. Zenith Allmart Precisindo yang telah membantu memberikan dukungan dan masukan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Batan, I. (2012). **Desain Produk**. Surabaya: Ini Karya Guna.
- Falqi, R.B., Karuniawan, B.W., & Hamzah, F. (2022). Rancang Bangun *Jig and Fixture Oval Handle* untuk Proses *Milling* Dengan Metode *Plug and Play*. **Laporan Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- G. Hoffman, E. (2011). **Jig and Fixture Design**. New York: Delmar Cengage Learning.
- Prakusya, R.T., Karuniawan, B.W., & Indrawan, R. (2022). Rancang Bangun *Jig and Fixture Pump Casing V(S) 2/3/6 B* untuk proses *milling* pada mesin *CNC milling horizontal 4 axis double pallet*. **Laporan Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Renato, N.E., Karuniawan, B.W., & Indrawan, R. (2022). Rancang Bangun *Jig and Fixture Suction Casing* untuk proses *milling* pada mesin *CNC milling 3 – axis*. **Laporan Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Rochim Taufiq. (1985), **Teori dan Teknologi Proses Pemesinan**, FTI ITB.
- Soedjana, C.K., Karuniawan, B.W., & Setiawan T.R. (2021). Rancang Bangun *Jig Bush Cranckcase* untuk proses *Turning* pada mesin *CNC Lathe*. **Laporan Tugas Akhir**, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Sumbodo, W. (2008). In **Teknik Produksi Mesin Industri Jilid 2** (p. 227). Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Ulrich, K & Eppinge, S. (2001). **Product Design and Development**. Singapore: Mc Grawhill.