

# PERANCANGAN ULANG *TOOL HOLDER* UNTUK ALUR *DOVETAIL* PADA RAGUM POLMAN 125 MENGGUNAKAN METODE DFMA

Somantri<sup>1</sup>, Bustami Ibrahim<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa POLMAN Bandung, HP : 085310004927, email : somantrie\_a@yahoo.co.uk

<sup>2</sup> Dosen POLMAN Bandung, HP : 085624664376, email : bustami@polman-bandung.ac.id

## Abstrak

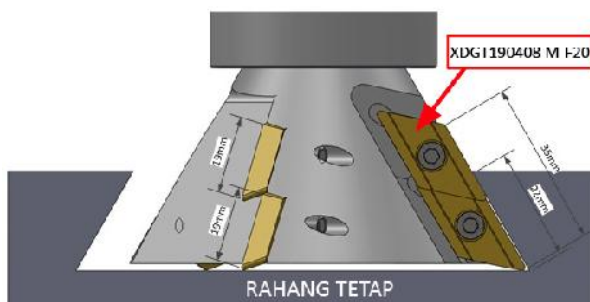
*Cutter dovetail* (ekor burung) adalah salah satu jenis *milling cutter* untuk mengerjakan alur berbentuk *dovetail*. *Cutter* ini digunakan di Politeknik Manufaktur Negeri Bandung untuk pengerjaan alur *dovetail* pada bagian rahang gerak dan rahang tetap pada Ragum Polman 125. Pembuatan alur *dovetail* saat ini menggunakan *cutter* dengan *insert tip carbide*. Pada pemakanan menggunakan *cutter carbide* ini terjadi *step* karena *tip carbide* dipasang ber-*step* pada *tool holder* dengan tujuan dapat memenuhi pemakanan panjang diagonal *dovetail*. Sehingga digunakanlah *cutter* HSS untuk *finishing*. Selain itu terjadi pemakanan ke bawah akibat bobot *tool holder* yang terlalu berat yang mengakibatkan termakannya lantai pada rahang gerak dan rahang tetap. Oleh karena itu maka pada penelitian ini dipilihlah *cutter* dengan *tip carbide* yang memenuhi pemakanan panjang diagonal *cutter* dan dirancanglah *tool holder* yang sesuai dengan *tip carbide* yang dipilih dan memiliki bobot yang lebih ringan. Tahap perancangan ulang dilaksanakan sesuai dengan metoda DFMA (*Design For Manufacture and Assembly*) dimana dengan metoda ini didapat nilai persentase perbandingan jumlah komponen, waktu perakitan dan ongkos permesinan antara *tool holder* saat ini dengan *tool holder* hasil rancangan. Hasil rancangan ini adalah *detail design* berupa gambar kerja *tool holder* dengan *tip carbide* beserta data analisis yang membuktikan bahwa rancangan aman untuk dibuat dan digunakan sesuai fungsi dan tujuannya.

**Kata kunci :** *tool holder, dovetail, DFMA*

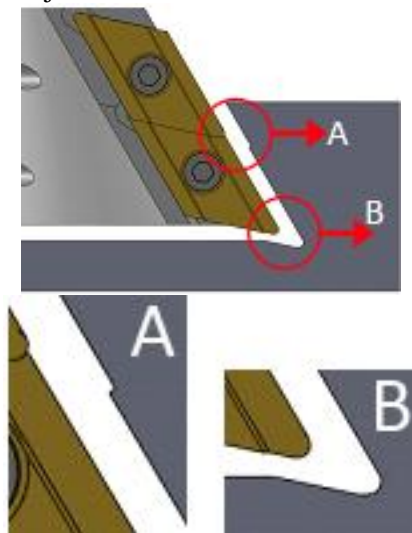
## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar Belakang

Dalam jangka waktu satu tahun terakhir, pada produksi Ragum Polman 125 terdapat masalah pada salah satu proses pemesinan yaitu pembuatan bentuk *dovetail* (ekor burung) pada bagian rahang gerak dan rahang tetap, terdapat masalah pada *tool holder insert carbide*, yaitu dan posisi *tip carbide* yang dipasang ber-*step* yang mengakibatkan hasil pemakanan pada panjang diagonal ber-*step* pula, sehingga perlu dilakukannya proses *finishing* menggunakan *cutter* HSS dan bobot dari *tool holder* itu sendiri yang terlalu berat sehingga mengakibatkan terjadi gaya tekan ke bawah pada saat pemakanan.



Gambar 1. Pemodelan pemakanan *dovetail* yang saat ini terjadi



Gambar 2. *Step* dan pemakanan lantai pada diagonal *dovetail*

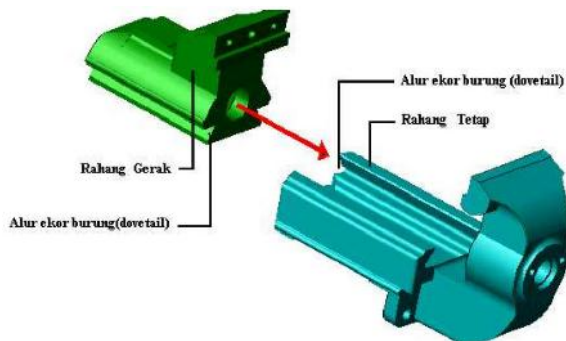


Gambar 3. *Step* dan pemakanan lantai pada diagonal *dovetail* (kondisi di lapangan)

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Ragum Polman 125

Ragum adalah suatu alat yang digunakan untuk menjepit suatu benda kerja pada waktu pekerjaan mekanik, seperti mengikir, memahat, menggergaji dll. Pada umumnya ragum dibuat dari Besi Tuang atau Baja Tempa. Salah satu produk andalan Polman Bandung yaitu Ragum Polman Tipe 125. Ragum Polman Tipe 125 ini termasuk jenis ragum meja. Pada rahang gerak dan rahang tetap di atas terdapat alur yang berbentuk ekor burung (*dovetail*) yang berfungsi sebagai alur lintasan gerakan rahang gerak terhadap rahang tetap. Gambar 4 menunjukkan posisi alur dovetail pada konstruksi Ragum 125 :

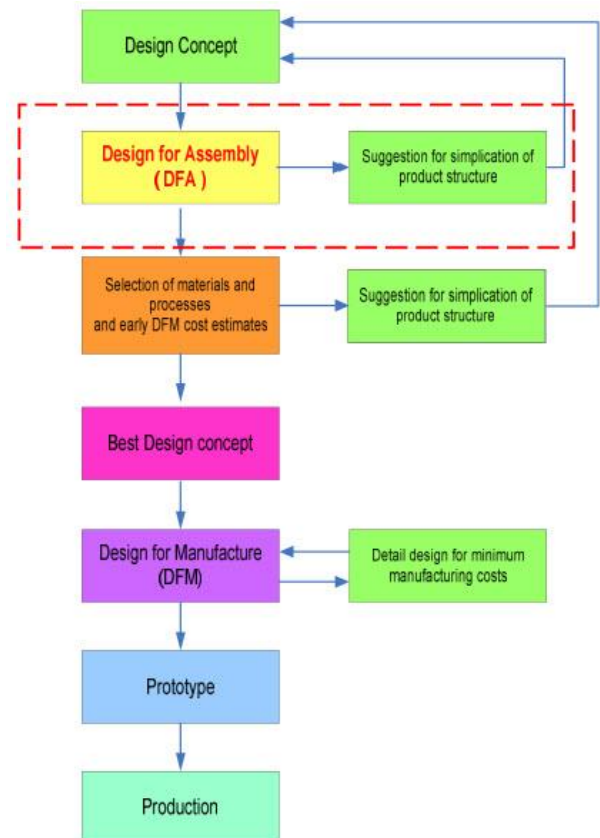


Gambar 4. Alur *Dovetail* pada Ragum 125

### 2.2 DFMA

Dalam proses perancangan dan manufaktur suatu produk, harus diprancangkan sedemikian rupa sehingga perancangan benar-benar sempurna dan biaya biaya produksi dapat direduksi sekecil mungkin. DFA adalah salah satu sistem perencanaan *assembling* yang akan menganalisis perancangan komponen maupun produk secara keseluruhan, yang dimulai dari awal proses perancangan sehingga kesulitan-kesulitan perakitan dapat diatasi sebelum komponen diproduksi. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah proses perakitan sehingga waktu dan biaya perakitan (*assembling cost*) dapat diturunkan. Dapat dikatakan bahwa DFA adalah proses pengembangan perancangan produk untuk mempermudah dan mempermurah biaya perakitan, tetapi tetap fokus pada fungsi dan keselamatan. Proses *assembling* merupakan proses yang memakan waktu yang cukup besar dalam proses manufaktur (53% dari total waktu produksi, 22% ongkos buruh dan 12% dari biaya

manufaktur). Sementara *Design For Manufacture* (DFM) adalah perancangan proses manufaktur suatu produk sehingga waktu dan biaya manufaktur bisa direduksi sekecil mungkin. Gabungan dari DFA dan DFM ini disebut dengan DFMA (*Design For Manufacture and Assembly*) yang harus dilakukan dari awal perancangan secara terintegrasi.[1]



Gambar 5. Alur DFMA

## 3. Metodologi

Metode penelitian yang digunakan yaitu :

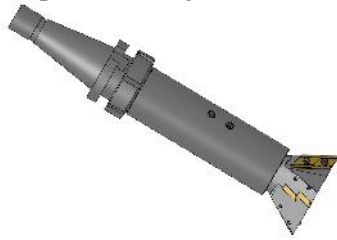
1. Observasi lapangan yaitu observasi seputar permasalahan yang ada pada pada pembuatan bentuk *dovetail* Ragum Polman 125.
2. Kajian Literatur (diktat kuliah, katalog, jurnal) yaitu mencari sumber-sumber informasi dan dasar teori yang berkaitan dengan permasalahan yang ada.
3. Diskusi bersama pembimbing, operator dan rekan mahasiswa.

## 4. Hasil dan Pembahasan

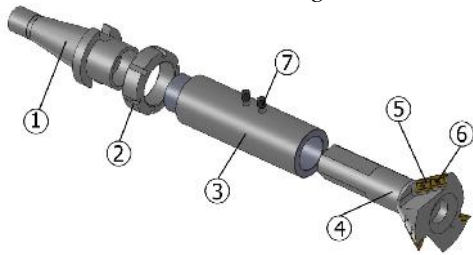
4.1 Perancangan Ulang menggunakan Metode DFMA

4.1.1 Konsep Rancangan

Pada tahapan mengkonsep rancangan ini ditampilkan *existing tool holder* yang digunakan saat ini pada produksi Ragum Polman125.



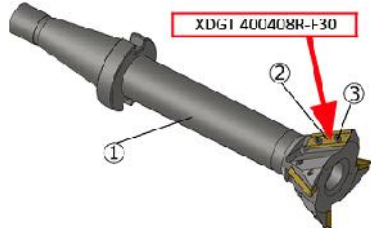
Gambar 6. Existing Tool Holder



Gambar 7. Existing Tool Holder (exploded view)

4.1.2 Proses DFA

Pada proses DFA ini penulis mencoba untuk membuat rancangan ulang yang lebih sederhana namun tetap mempertimbangkan keamanan dan fungsinya.



Gambar 8. Tool Holder hasil proses DFA

Selanjutnya perhitungan waktu yang dibutuhkan untuk merakit konstruksi *tool holder* rancangan awal menggunakan parameter dari tabel Boothroyd dan Dewhurst.[2]

Tabel 1. Hasil perhitungan DFA pada rancangan awal *tool holder (existing tool holder)*

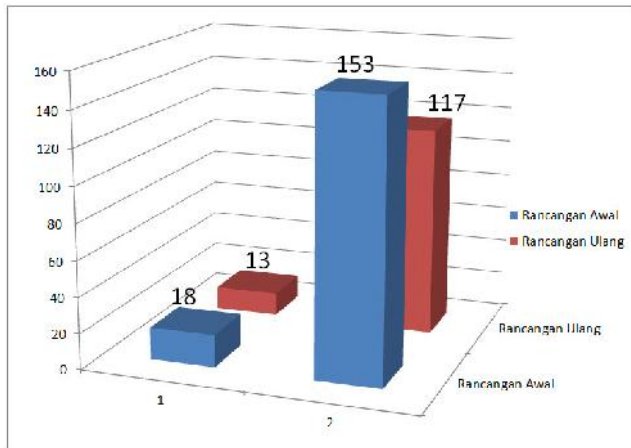
1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO	NAMA BAGIAN	JUMLAH	JML. BAG. TEORITIS	KODE MANUAL HANDLING	WAKTU MANUAL HANDLING (det)	KODE MANUAL INSERTION	WAKTU MANUAL INSERTION (det)	WAKTU ASSY (det) [6+8]
1	Basic Adaptor	1	1	1.0	1,5	0,9	7,5	9
2	Clamping Nut	1	0	1.0	1,5	0,6	5,5	7
3	Extension	1	0	1.0	1,5	0,7	6,5	8
4	Holder	1	0	1.0	1,5	0,9	7,5	9
5	Tip Carbide	6	6	0.1	8,58	1,6	3,3	42
6	Screw C04011	6	6	1.1	10,8	3,9	48	59
7	Baut tanam M6	2	2	1.1	3,6	3,9	16	20
TOTAL		18	15					153
			NM					TM
Efisiensi Rancangan			$\frac{3 \times NM}{TM}$	$\frac{3 \times 15}{153}$				0,294156

Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama pada rancangan ulang *tool holder* yang telah disederhanakan dari aspek jumlah komponen, *manual handling* dan *manual insertion* untuk dibandingkan dengan rancangan awal *tool holder*.

Tabel 1. Hasil perhitungan DFA pada rancangan ulang *tool holder*

1	2	3	4	5	6	7	8	9
NO	NAMA BAGIAN	JUMLAH	JML. BAG. TEORITIS	KODE MANUAL HANDLING	WAKTU MANUAL HANDLING (det)	KODE MANUAL INSERTION	WAKTU MANUAL INSERTION (det)	WAKTU ASSY (det) [6+8]
1	Holder	1	1	9.1	3	0,9	7,5	11
2	Tip Carbide	4	4	0.1	5,72	1,6	22	28
3	Screw C04011	8	8	1.1	14,4	3,9	64	78
TOTAL		13	13					117
			NM					TM
Efisiensi Rancangan			$\frac{3 \times NM}{TM}$	$\frac{3 \times 13}{117}$				0,33442

Beberapa perubahan dilakukan pada analisis DFA ini dan menghasilkan rancangan ulang yang hasilnya lebih sederhana, sehingga terjadi pengurangan jumlah komponen dari rancangan awal yang berjumlah 18 komponen, menjadi rancangan ulang yang berjumlah 15 komponen. Berdampak pula pada efisiensi perancangan menjadi 33%.



	Jumlah komponen (item)	Waktu Perakitan (dts)
Rancangan Awal	18	153
Rancangan Ulang	13	117

Gambar 9. Perbandingan Jumlah komponen dan waktu perakitan

#### 4.1.3 Pemilihan Material dan Proses

Pemilihan material dilakukan atas dasar kebutuhan fungsi komponen menurut karakteristik kerjanya :

Tabel 3. Pemilihan material dan proses

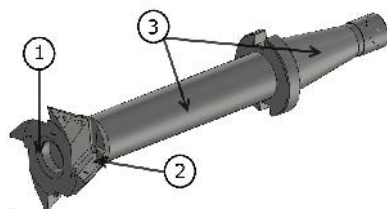
No	Nama Bagian	Jml	Karakteristik	Material	Proses
1	Tool Holder	1	Mampu menahan gaya besar, ulet, rigid namun tidak getas	VCN 150 (1.6582)	CNC Milling Bubut Gerinda Silinder
2	Insert XDG4004	4	Dapat memotong material Grade F20 (BTK 20)	Carbide	Beli
3	Baut C04011	8	Dapat mengikat insert tip carbide pada tool holder dengan kuat, tidak mudah aus		Beli

#### 4.1.4 Proses DFM

Proses DFM ini dilakukan agar mereduksi waktu dan biaya manufaktur. Setelah kita mendapatkan rancangan terbaik yang telah terseleksi dan melalui proses DFA, maka dilakukanlah proses DFM.

##### 4.4.1 Tool Holder

Pada bagian *tool holder* yang dianalisis adalah detail-detail bentukan karena pada rancangan *tool holder* ini sudah dianggap cukup sederhana.



Gambar 10. Posisi analisis DFM

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa komponen *tool holder* memiliki beberapa detail bentukan yang selanjutnya akan dianalisis proses pembuatannya seperti pada tabel berikut :

Tabel 4. Analisis DFM

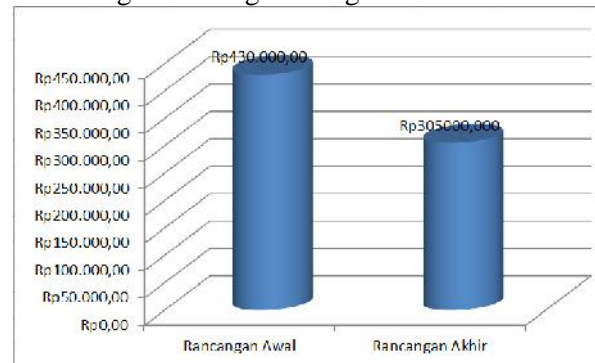
No. Detail	Nama detail	Proses manufaktur	Analisis proses
1	Pocket	Milling CNC	Dapat juga detail ini dikerjakan pada proses bubut karena apabila dikerjakan dengan milling CNC maka harus dikerjakan di mesin milling CNC 5 axis
2	Lubang ulir	Milling CNC	Dapat dikerjakan pada kerja bangku menggunakan tap tangan M4, dan lebih mungkin daripada menggunakan mesin milling CNC, karena dikhawatirkan ketersediaan cutter untuk pembuatan lubang ulir M4 terbatas maupun tidak ada
3	Permukaan	Gerinda Silinder	Cukup dikerjakan pada mesin bubut hingga mencapai kekasaran N8, karena detail bagian ini tidak memerlukan tingkat kekasaran tinggi

Setelah menganalisis proses pada *detail-detail* bagian *tool holder*, maka untuk mengetahui perbandingan DFM yang disusulkan perlu dibuat tabel DFM berikut :

Tabel 5. Perbandingan Proses dan Biaya Pemesinan

Rancangan Awal		Rancangan Ulang	
Proses	Harga (Rp)	Proses	Harga (Rp)
CNC Milling	Rp 270.000,-	CNC Milling	Rp 180.000,-
Bubut	Rp 100.000,-	Bubut	Rp 125.000,-
Gerinda Silinder	Rp 60.000,-	Kerja bangku	Rp 0,-
Total	Rp 430.000,-	Total	Rp 305.000,-
Penggurangan ongkos pemesinan –			
[(430.000 – 305.000) : 430.000] x 100% = 29,06 %			

Dari perbandingan diatas, dapat disimpulkan bahwa efisiensi proses pembuatan *tool holder* setelah melewati proses DFM adalah 29,06 %. Berikut grafik perbandingan antara rancangan awal dengan rancangan ulang :



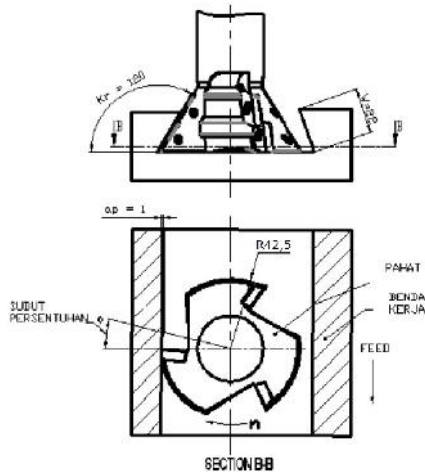
Gambar 11. Perbandingan biaya pemesinan rancangan awal dengan rancangan ulang

#### 4.2 Analisis Kekuatan Bahan

##### 4.2.1 Penentuan Gaya Potong Tangensial

Besarnya beban yang diberikan sesuai dengan besarnya gaya potong tangensial yang akan terjadi. Sebelum pengujian kekuatan dilakukan, maka hal pertama yang harus dilakukan adalah mendefinisikan kondisi pemotongan yang sesuai dengan kondisi yang akan terjadi di lapangan. Model pemotongan mengikuti metode

pemotongan datar (*slab milling*) seperti yang dijelaskan pada gambar berikut. [3]



Gambar 12. Parameter-parameter pemotongan Untuk mencari gaya potong tangensial, maka terlebih dahulu menentukan dan menyusun parameter-parameternya, antara lain:

Tabel 6. Tabel parameter-parameter pemotongan

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Dalamnya pemotongan	$\alpha$	22	mm
Jumlah mata potong	$z$	4	sisi
Sudut datang/Sudut potong utama	$Kr$	120	( $^{\circ}$ ) derajat
Lebar pemotongan	$w$	1	mm
Diameter rata-rata tool holder	$d$	71,5	mm
Kecepatan potong <i>insert</i> untuk grade F20	$v_c$	115	m/min
Kecepatan potong/gigi	$f_z$	0,15	Mm/tooth
Sudut masuk	$\phi_{in}$	0	( $^{\circ}$ ) derajat
Sudut gigi	$\lambda$	0	( $^{\circ}$ ) derajat
Gaya potong spesifik untuk material Besi tuang	$k_{s1.1}$	1160	N/mm <sup>2</sup>
	$p$	0,26	
Sudut dovetail		60	( $^{\circ}$ ) derajat

- Menentukan sudut persentuhan ( $c$ ), dengan memilih metode pemotongan datar (*slab milling*) maka  $a = 22\text{mm}$ , dan  $w = 1\text{mm}$ . sehingga untuk mendapatkan nilai sudut persentuhan sama dengan mencari sudut keluar ( $out$ ), karena sudut masuk ( $in$ ) =  $0^{\circ}$ , maka:

$$wc = \cos^{-1}\left(\frac{d/2 - (x + w)}{d/2}\right)$$

$$wc = \cos^{-1}\left(\frac{71,5/2 - (0 + 1)}{71,5/2}\right)$$

$$wc = 14,4^{\circ} = 0,237\text{rad}$$

- Gaya potong tangensial per gigi maksimum:  
 $C = k_{s1.1} a f_z^{1-p} (\sin Kr)^{-p}$   
 $= 1160 \times 22 \times 0,15^{1-0,24} \times (\sin 120)^{-0,24}$   
 $= 6507 \text{ N}$
- Gaya tangensial posisi *cutter* masuk:  
 $Ft_{in} = C (\sin in)^{1-p}$   
 $= 6507 \times \sin 0^{1-p}$   
 $= 0$

- Gaya tangensial posisi *cutter* keluar:  
 $Ft_{out} = C (\sin out)^{1-p}$   
 $= 6507 \times \sin 14,4^{1-0,24}$   
 $= 2323,6\text{N}$

- Gaya tangensial per gigi rata-rata ( $Ftm$ ):  
 $Ftm = C (\sin Wm)^{1-p}$   
 $Ftm = C \left(\frac{\cos Win - \cos Wout}{wc}\right)^{1-p}$   
 $Ftm = C \left(\frac{\cos 0 - \cos 13,6}{0,237}\right)^{1-0,24}$   
 $Ftm = 6507 (\sin 6,76)^{1-0,24}$   
 $Ftm = 1335,932\text{N}$

- Gaya tangensial total rata-rata ( $Ftms$ ):  
 $Ftms = Ftm \times Ze$  ;  
 $Ze$  merupakan jumlah gigi yang efektif dan dihitung dengan persamaan:

$$Ze = \frac{zwc}{2f}$$

$$Ze = \frac{4,0,237\text{rad}}{2f}$$

$$Ze = 0,15 \approx 1$$

Dibulatkan menjadi satu mata potong yang efektif, maka  $Ftms$ :

$$Ftms = 1335,932 \times 1$$

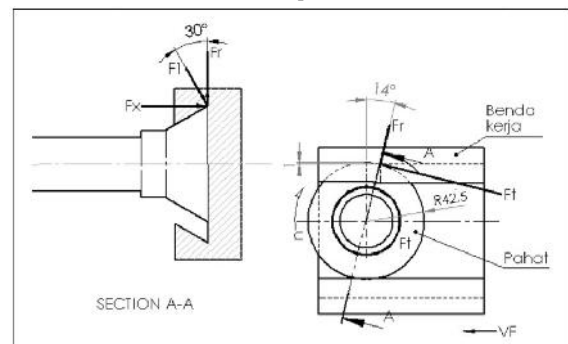
$$Ftms = 1335,932 \text{ N}$$

- Daya potong rata-rata ( $Ncm$ ) dapat dihitung berdasarkan pada gaya tangensial total rata-rata yaitu:

$$Ncm = \frac{Ftms.V}{60000}$$

$$Ncm = \frac{1335,932.115}{60000}$$

$$Ncm = 2,56\text{kW} = 3,46\text{Hp}$$



Gambar 13. Posisi gaya-gaya Nilai gaya tangensial ( $Ft$ ) telah diketahui yaitu 1335,932N, maka untuk nilai Gaya radial ( $Fr$ ) gaya Aksial ( $Fx$ ) dan Torsi adalah :

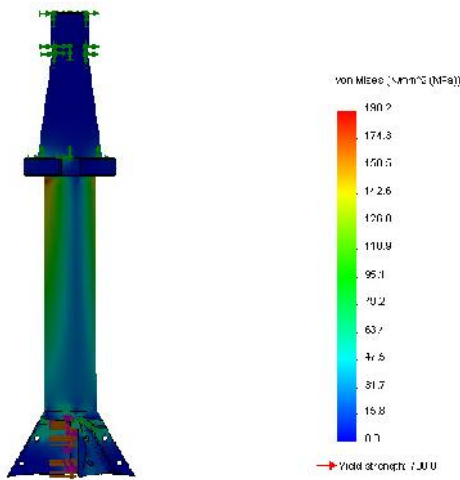
Tabel 6. Nilai gaya-gaya yang terjadi

Gaya Radial (Fr)	F1	Gaya Axial (Fx)	Torsi (T)
$Fr/Ft = 0,5$	$F1 = F1/\cos 30$	$Fx = F1.\sin 30$	$T = Ft.r$
$Fr = Ft.0,5$	$F1 = 668N/\cos 30$	$Fx = 771,33N.\sin 30$	$T = 1335,6.0,0425$
$Fr = 1336.0,5$	$F1 = 771,33N$	$Fx = 385,66N$	$T = 56,77Nm$
$Fr = 668N$			

4.2.2. Finite Element Analysis

Setelah kita mendapatkan nilai-nilai gaya yang terjadi pada *tool holder*, maka kita dapat mengetahui tegangan yang terjadi pada *tool holder* ketika diberikan beban-beban tersebut. Analisis menggunakan metode elemen hingga dan software yang digunakan yaitu Solidworks 2010. [4]

1. Tegangan

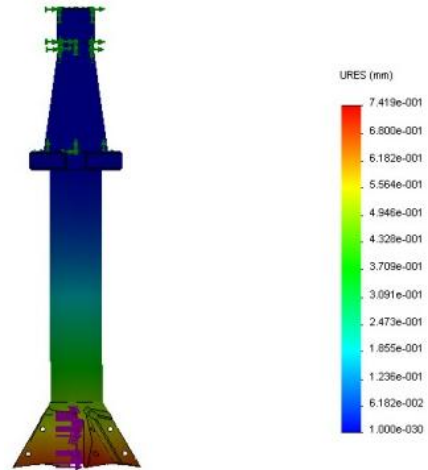


Gambar 14. Tegangan yang terjadi

Dari gambar dibawah ini ditunjukkan bahwa tegangan maksimumnya bernilai 190,2MPa yang ditunjukkan oleh warna merah. *Yield Strength* dari material VCN150 bernilai 700MPa.

2. Displacement

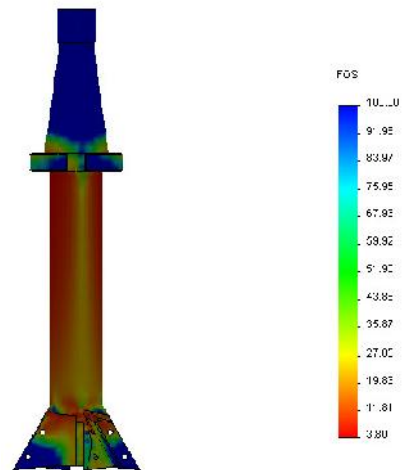
*Displacement* adalah nilai yang menunjukkan pergeseran atau perubahan bentuk yg dialami benda sesudah menerima beban dalam satuan millimeter (mm).



Gambar 15. Displacement yang terjadi

3. Factor of Safety (FOS)

*Factor of Safety (FOS)* atau faktor keselamatan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi agar perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum. Penentuan *safety factor* ini menggunakan kriteria Teori Energi Distorsi Maksimum (TEDM)/von Mises, yang biasa digunakan untuk material ulet (*ductile*). Dari rancangan ini didapat FOS seperti gambar dibawah ini.



Gambar 16. Factor of Safety (FOS)

5. Kesimpulan

Dengan *tool holder* yang telah dirancang dan pemilihan insert XDGT 400408R-F30 maka tidak akan menimbulkan bentukan step pada alur dovetail karena panjang insert tip carbide = 40mm lebih panjang dari sisi dovetail = 22mm. Nilai efisiensi rancangan ulang 33% berdasarkan metode DFMA

- a. Jumlah komponen berkurang dari 18 ke 13 komponen

- b. Waktu *assembling* berkurang dari 153 detik ke 117 detik

Pengurangan ongkos pemesinan dari hasil analisa DFM yaitu 29%.

Rancangan ulang aman untuk dibuat karena berdasarkan Analisis *Software* :

Tegangan yang terjadi 190.178 N/mm<sup>2</sup> lebih kecil dari Yield Strength material VCN150 = 700N/mm<sup>2</sup>. *Displacement* 0.75 mm dan *safety factor* minimal yaitu 3,8 lebih besar dari 1, maka dinyatakan aman.

### **Referensi/Daftar Pustaka**

- [1] Yusri, "Penerapan Design For Assembly (DFA) untuk mereduksi biaya produksi suatu produk", *Jurnal Teknik Mesin*, 5, (2008), pp. 27-28.
- [2] Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst and Winston Knight, "Product Design for manufacture and Assembly", (2002) Marcell Dekker, Inc. New York.
- [3] Taufiq Rochim, "Proses Pemesinan", (1985) Penerbit ITB. Bandung.
- [4] Kunwoo Lee, "Principles of CAD/CAM/CAE Systems", (1999) Addison Wesley Longmann, Inc. California.