

Rancang Bangun Jig Rotor Sensor Untuk Proses Turning Pada Mesin CNC Lathe

Hendrayanto Wahyu Nugroho¹, Ali Imron², Dhika Aditya Purnomo³

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1,3}
Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Teknik Desain dan Manufaktur, Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³
Email: hendrahwn@gmail.com¹

Abstract – The manufacturing industry in Indonesia is growing rapidly. The development of the manufacturing industry makes consumer needs for manufactured products increase. One of the most commonly used automotive manufacturing products is Rotor Sensor. Rotor Sensor is one part in the ABS (Antilock Brake System) braking system in motorized vehicles. In the process of making Rotor Sensor products there are finishing processes, namely turning process on CNC lathe machines. This turning process requires a supporting device, a jig. Jig is one of the equipment holders of objects one to another to make the component doubling accurately. Therefore a jig is needed that can speed up the time of machining the Rotor Sensor product accurately according to the standard. Stages in designing a jig are understanding the shape, dimensions, and knowing the characteristics of the engine to be used for its production. To determine the design of the Rotor Sensor jig, three designs are made with different clamping systems. Calculation of cutting force and shear force is carried out to ensure that one stopper pin can hold the Rotor Sensor on the jig properly. Based on the results of the Rotor jig design the sensors for the turning process on the CNC lathe machine are produced jigs that can complete product machining within 34 seconds. The results of the turning process can be formed according to the standards used for Rotor Sensors with the average test producing acceptable products.

Keyword: jig, rotor sensor, design, manufacture, turning, cnc lathe

Nomenclature

- F_V = Gaya potong (N)
 K_S = Gaya potong spesifik (N/mm²)
 A = Penampang geram sebelum terpotong (mm²)
 $K_{S\ 1,1}$ = Gaya potong spesifik referensi (N/mm²)
 f = Lebar geram setelah terpotong (mm²)
 z = Tebal geram (rata-rata berharga - 0,2)
 C_k = Faktor koreksi sudut potong utama
 C_τ = Faktor koreksi sudut geram
 C_{VB} = Faktor koreksi pengaruh panjang keausan tepi
 C_V = Faktor koreksi pengaruh kecepatan potong
 τ = Kekuatan tarik logam (N/mm²)
 A_S = Luas permukaan stopper pin (mm²)
 sf = Faktor keamanan (1,5-2,0)
 τ_{ijin} = Tegangan ijin stopper pin S45C (N/mm²)
 τ_{geser} = Tegangan geser pada stopper pin (N)

1. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur memiliki peranan penting di dalam dunia industri untuk memproduksi suatu produk. Seiring dengan berkembangnya jaman, perusahaan-perusahaan industri yang bergerak dalam dunia manufaktur semakin bertambah. PT Toshin Prima Fine-Blanking merupakan salah satu industri manufaktur yang

bergerak dalam bidang manufaktur otomotif. Salah satu produk yang diproduksinya adalah Rotor Sensor. Rotor Sensor merupakan salah satu komponen pada sistem pengereman ABS (Antilock Brake System) pada kendaraan bermotor yang berfungsi untuk mendeteksi kecepatan roda dan mendeteksi terjadinya slip pada roda kendaraan yang nantinya data yang diterima diinformasikan ke ABS Control Modul.

Pembuatan Rotor Sensor tersebut tidak lepas dari proses machining sebagai finishing dari pembuatan produk Rotor Sensor. Proses machining yang dimaksud adalah proses turning. Proses turning merupakan proses pembentukan benda kerja dengan mengurangi material (material removal). Pengurangan material dilakukan pada bagian diameter dalam Rotor Sensor yang berputar dengan alat potong (Cutting tool) yang bergerak secara linear (melintang, memanjang, atau membentuk sudut), sehingga benda kerja yang dihasilkan umumnya memiliki penampang berbentuk lingkaran dengan pengurangan material sesuai kebutuhan. Agar proses machining dapat berjalan dengan baik, maka digunakan alat bantu bernama jig.

Jig yang digunakan hanya dapat untuk mencekam satu jenis benda kerja yaitu produk Rotor Sensor tersebut. Jig sangat berperan penting dalam proses turning pada Rotor Sensor, berfungsi untuk menahan benda kerja dari gaya yang ditimbulkan dari proses machining tersebut. Pada proses turning

kebanyakan operator menggunakan jig karena dirasa lebih efisien dan lebih mudah karena sesuai dengan kebutuhan produk yang dilakukan proses *machining*. Tetapi Operator dari mesin cnc *lathe* pada PT Toshin Prima Fine-Blanking menyatakan bahwa jig yang digunakan saat ini masih kurang efisien dan masih terdapat kekurangan dalam penggunaannya. Kelemahan dari jig yang digunakan saat ini di antara lain, cara pengekaman yang kurang kuat dan tidak terdapat *stopper* pada jig, sehingga berpengaruh pada kepresisian benda kerja yang dihasilkan serta *machining time* yang lebih lama pada mesin cnc *lathe*.

Berdasarkan permasalahan tersebut, tercipta inovasi untuk membuat *jig* baru dengan mengubah metode pengekaman. Menggunakan metode pemilihan konsep untuk memilih tiga desain *jig* dengan pengekaman secara horizontal dengan penambahan *clamp* dan *stopper*. Pengekaman secara horizontal ini memanfaatkan bidang miring yang terdapat pada bagian *clamp* untuk memperkuat pengekaman pada jig sehingga produk yang dihasilkan diharapkan lebih presisi dan dapat mengalami peningkatan pada *machining time* yang lebih cepat.

Penelitian ini membahas bagaimana rancangan *jig* yang dapat mempercepat *machining time Rotor Sensor*. Proses pembuatan *jig Rotor Sensor* disesuaikan dengan desain dari *jig* berdasarkan kebutuhan untuk melakukan proses turning pada Rotor Sensor. Dari beberapa hal diatas dapat diuji bagaimana performa dari *jig Rotor Sensor* yang telah dibuat.

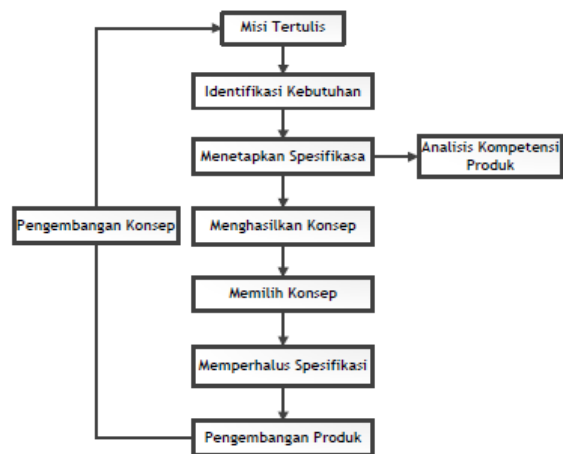
2. METODOLOGI .

2.1 Perancangan dan Pengembangan Produk

Produk sebagai sesuatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli, perencanaan produk adalah proses periodik yang mempertimbangkan portofolio dari proyek pengembangan produk untuk dijalankan. Rencana produk mengidentifikasi portofolio produk-produk yang dikembangkan oleh organisasi dan waktu pengenalannya ke pasar. Proses perencanaan mempertimbangkan peluang-peluang pengembangan produk. Peluang-peluang tersebut diidentifikasi oleh banyak sumber, mencakup berbagai usulan bagian pemasaran, penelitian, pelanggan, tim pengembangan produk, dan analisis keunggulan para pesaing.

Seorang ahli perancangan dan pengembangan produk [1] menyatakan, 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

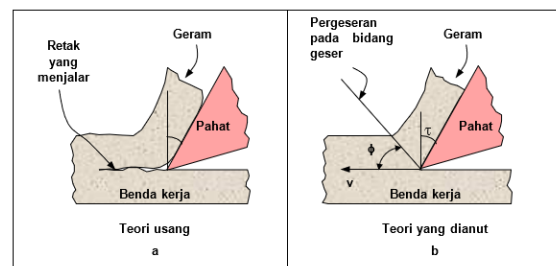
produk, dan perencanaan proyek dalam rangka pengembangan produk.



Gambar 1. Diagram Pengembangan Konsep menurut Ulrich

2.2 Mekanisme Pembentukan Geram

Pada mulanya diperkirakan bahwa geram terbentuk karena adanya retak rambut (*micro crack*) yang timbul pada benda kerja tepat diujung pahat pada saat pemotongan dimulai. Dengan bertambahnya tekanan pahat, retak rambut tersebut menjalar kedepan sehingga terjadilah geram, lihat gambar 2.21a, Anggapan ini sekarang sudah ditinggalkan berkat hasil berbagai penelitian didalam mempelajari mekanisme pembentukan geram. Logam yang pada umumnya bersifat ulet (*ductile*) apabila mendapat tekanan akan timbul tegangan (*stress*) didaerah sekitar konsentrasi gaya penekanan dari pahat. Tegangan pada logam (benda kerja) tersebut mempunyai orientasi yang kompleks dan pada salah satu arah akan terjadi tegangan geser (*shearing stress*) yang maksimum. Apabila tegangan geser ini melebihi kekuatan logam yang bersangkutan maka akan terjadi deformasi plastis (perubahan bentuk) yang menggeser dan memutuskan material benda kerja diujung pahat pada suatu bidang geser (*shear plane*), lihat gambar 2.21b.[2]



Gambar 2. Teori tentang pembentukan geram

Bidang geser mempunyai lokasi tertentu yang membuat sudut terhadap vektor kecepatan potong, dan dinamakan dengan sudut geser (*shear angle*, ϕ). analogi tumpukan kartu, bila setumpukan kartu dijajarkan dan diatur dengan sedikit miring (sesuai dengan sudut geser, ϕ) kemudian didorong dengan

papan (penggaris) yang membuat sudut terhadap garis vertikal (sesuai dengan sudut geram, τ_0) maka kartu diujung papan akan tergeser keatas relatif terhadap kartu dibelakangnya. Pergeseran itu berlangsung secara berurutan dan kartu terdorong melewati bidang atas papan.

2.2.1 Gaya Potong Empirik dalam Proses Membubut

Untuk penentuan harga K_s 1.1 pemotongan tidak sesuai dengan kondisi pemotongan pada umumnya, maka dapat dipakai rumus pendekatan yang sering digunakan dalam praktek, yaitu :

$$K_s = K_s 1.1 \cdot f^{-Z} \cdot C_k \cdot C_\tau \cdot C_{VB} \cdot C_v \quad (1)$$

Dimana harga C_k , C_τ , C_{VB} dan C_v adalah faktor koreksi yang harganya didasarkan dari beberapa hasil percobaan sebagai berikut :

1. Pengaruh Sudut Potong Utama Kr

Tabel 1: Faktor koreksi C_k

Kr	Jenis Pahat	
	Karbida	Keramik
90°	1	1
80°	1.014	1.016
60°	1.041	1.059
55°	1.057	1.083
50°	1.077	1.110
45°	1.102	1.149

2. Pengaruh Sudut Geram

Tabel 2: Faktor koreksi C_τ

τ_0	C_τ
15°	0.91
10°	0.96
6°	1.00
0°	1.06
-6°	1.12

3. Pengaruh Panjang Keausan Tepi VB

Tabel 3: Faktor koreksi C_{VB}

VB	C_{VB}
0.1	1.04
0.2	1.08
0.3	1.12
0.4	1.16
0.5	1.20
0.6	1.24
0.7	1.28
0.8	1.30

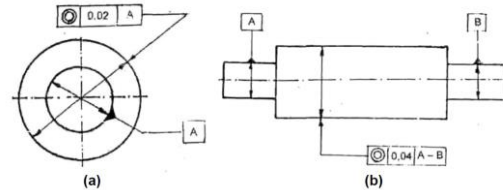
4. Pengaruh Kecepatan Potong v

Tabel 4: Faktor koreksi C_v

V	C_v
30 - 50	1.11
50 -100	1.06
100 - 200	1.00
> 200	0.94
0.8	1.30

2.3 Toleransi Konsentrisitas (Concentricity) dan Koaksialitas (Coaxiality)

Menurut [3] jika ada dua buah lingkaran lainnya dan mempunyai sumbu sama (berimpit) dan sumbu lingkaran satu dijadikan sumbu patokan lingkaran lainnya maka toleransi-nya diberi simbol (⊙). Contoh pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Toleransi Konsentrisitas dan Koaksialitas

1. Gambar 2.25 (a)

Menunjukkan bahwa pusat dari lingkaran yang ditunjukkan oleh kotak toleransi pada lingkaran luar, harus terletak pada lingkaran yang berdiameter $t = 0,02$ mm dan titik pusatnya berimpit dengan titik pusat lingkaran dasar A pada lingkaran dalam.

2. Gambar 2.25 (b)

Menunjukkan bahwa sumbu dari silinder yang ditunjukkan oleh kotak toleransi pada silinder tengah, harus terletak di dalam silinder yang berdiameter 0,04 mm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

1. Daftar Kebutuhan Jig

Tabel 5: Daftar Kebutuhan

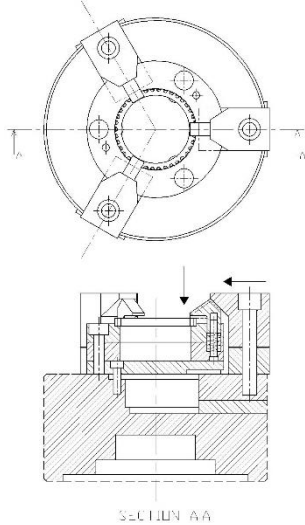
Daftar Kebutuhan		
S/	Uraian Kebutuhan	Penanggung Jawab
S	Dapat digunakan untuk pembubutan diameter dalam <i>Rotor Sensor</i> sebesar 52 -0,031/-0,071.	Tim Desain
S	Setelah dilakukan pembubutan <i>Rotor Sensor concentricity</i> berubah tidak melebihi 0.05.	Tim Desain
S	Produk yang dibuat dapat digunakan untuk memproduksi <i>Rotor Sensor</i> .	Tim Desain
H	Produk yang akan dibuat diharapkan mudah dioperasikan untuk menghasilkan <i>Rotor Sensor</i> .	Tim Desain Dan Tim Manufaktur
H	Produk yang dibuat diharapkan lebih efisien dari produksi sebelumnya.	Tim Desain
S	Waktu pengerjaan <i>Rotor Sensor</i> pada jig baru harus lebih cepat dari jig lama yaitu 50 detik.	Tim Desain
H	Diharapkan adanya inovasi desain produk jig yang lebih baik lagi dari produks sebelumnya.	Tim Desain
H	Jig yang dihasilkan dapat dengan mudah diperbaiki apabila sudah mulai ada kerusakan.	Tim Desain Dan Tim Manufaktur

2. Pembuatan Konsep Desain

Dari spesifikasi produk yang diharapkan, maka dapat dilanjutkan pembuatan konsep desain. Pada penelitian saat ini dibuatkan 3 konsep desain *jig*

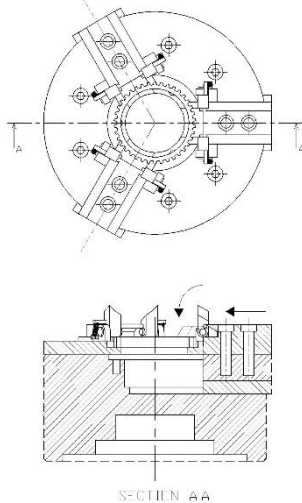
rotor sensor untuk proses turning. Dimana nantinya akan dipilih untuk diwujudkan menjadi sebuah produk. Berikut ini adalah 3 konsep desain yang sudah dibuat :

1. Konsep Desain 1



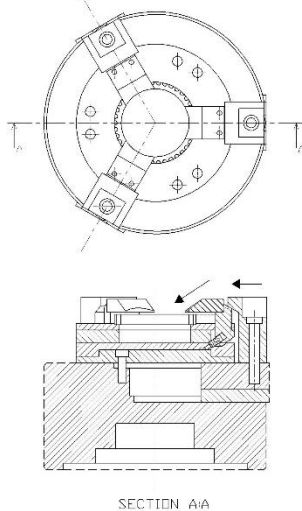
Gambar 4. Konsep Desain 1

2. Konsep Desain 2



Gambar 5. Konsep Desain 2

3. Konsep Desain 3



Gambar 6. Konsep Desain 3

3.2 Pemilihan Konsep

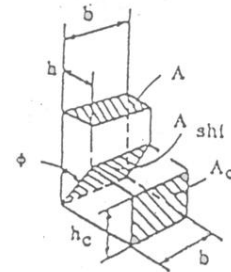
Tabel 5: Matrik Penilaian Konsep

Kriteria	Bobot	Konsep Produk					
		Konsep 1		Konsep 2		Konsep 3	
		Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot	Rate	Skor Bobot
Mudah Dioperasikan	30%	5	1,5	4	1,2	5	1,5
Mudah Dimanufaktur	20%	5	1	3	1	4	0,8
Mudah Diperbaiki	20%	4	0,8	3	0,6	3	0,6
Kebutuhan Material	10%	3	0,3	4	0,8	3	0,3
Kuat/Aman	20%	3	0,6	3	0,4	3	0,6
Bobot Total	100%						
Nilai Absolut		20	4,2	18	4	17	3,8
Nilai relatif (%)		28%	28%	25%	26%	24%	25%

Pemilihan desain yang akan digunakan pada pembuatan jig rotor sensor dapat dilihat pada Tabel diatas. Pada kriteria yang tertera di samping kiri tabel, konsep desain 1 (satu) mendapatkan total nilai paling tinggi dibanding konsep desain lainnya. Sehingga dari tabel pemilihan konsep diatas dapat ditentukan bahwa konsep desain 1 (satu) merupakan konsep desain yang terpilih dan akan digunakan untuk pembuatan jig rotor sensor.

3.3 Analisa Perhitungan Gaya Geser

1. Perhitungan Gaya Potong



Gambar 7. Penampang Geram Hasil Bubut

Karena semua variabel yang diperlukan untuk menentukan nilai gaya potong spesifik (Ks) sudah terpenuhi, maka kita dapat menghitung Ks dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 K_s &= K_{s 1.1} \cdot f^{-z} \cdot C_k \cdot C_\tau \cdot C_{VB} \cdot C_V \quad (2) \\
 &= 1650 \cdot 2^{-0,2} \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,30 \cdot 0,94 \\
 &= 1860,60 \text{ N/mm}^2
 \end{aligned}$$

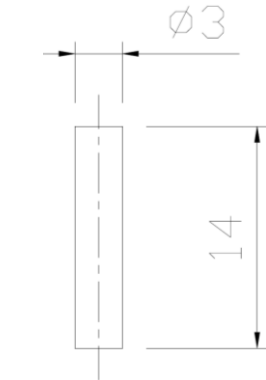
Dengan memperhatikan rumus teoritiknya, rumus empirik gaya potong dapat diketahui sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 F_v &= K_s \cdot A \quad (3) \\
 &= 1860,60 \text{ N/mm}^2 \times 2 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$= 3721,21 \text{ N}$$

2. Perhitungan Gaya Geser

Setelah gaya potong yang terjadi pada produk sudah ditentukan berdasarkan rumus diatas, selanjutnya menentukan gaya yang terjadi dari produk yang diproses *machining* terhadap *stopper pin* yang terdapat pada *Jig* menggunakan persamaan berikut :



Gambar 8. Detail Stopper Pin

Diketahui :

$$\begin{aligned} A_s &= 3 \text{ mm} \times 14 \text{ mm} \\ &= 42 \text{ mm}^2 \\ sf &= 2 \\ \tau_{ijin} &= \tau_{ijin} / sf \\ &= 335 \text{ N/mm}^2 / 2 \\ &= 167,5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Untuk mengetahui gaya yang terjadi pada stopper pin maka kita harus menghitung tekanan antara stopper pin terhadap jig, sehingga :

$$\begin{aligned} \tau_{geser} &= \frac{F_v}{A} \\ &= \frac{3721,21}{42} \\ &= 88,6 \text{ N/mm}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Tegangan geser yang terjadi pada *stopper pin* lebih kecil daripada tegangan ijin dari material *stopper pin*. Material stopper pin yaitu S45C dengan mempertimbangan faktor keamanan adalah 167,5 N/mm². Sedangkan tegangan geser yang diakibatkan gaya potong adalah 88,6 N/mm². Sehingga menggunakan satu *stopper pin* sudah cukup mencegah agar *produk Rotor Sensor* tidak bergerak dan berputar pada tempat yang telah dicekam menggunakan clamp pada *Jig*.

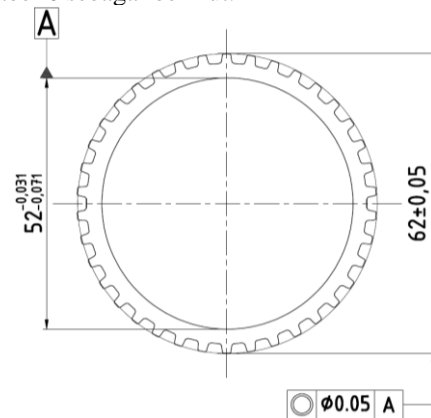
3.4 Pengujian Jig Rotor Sensor

Proses *machining* menggunakan *jig rotor sensor* dapat selesai lebih cepat dikarenakan program *machining* pada mesin CNC *Lathe* bagian *turning* dipercepat. Hal itu bisa dilakukan pada *jig rotor sensor* karena *jig* lebih kuat dan lebih presisi. Sedangkan pada *jig existing* tidak dapat diaplikasikan program *machining* bagian *turning*

tersebut dikarenakan *jig* yang kurang kuat. Jika *jig existing* dipaksa dengan kecepatan yang lebih tinggi dapat membuat produk goyah dari tempatnya dan hasil dari produknya tidak beraturan.

Sehingga *jig rotor sensor* mampu melakukan proses *machining* dalam waktu 34 detik dengan hasil sesuai toleransi. Sedangkan *jig existing* dalam waktu 34 detik menghasilkan produk *rotor sensor* dengan ukuran diluar toleransi. Namun *jig existing* dapat melakukan *machining* dengan hasil sesuai toleransi dengan kecepatan *machining* 45 detik, sehingga untuk kecepatan *machining*, *jig rotor sensor* dapat mengungguli *jig existing*.

Pada pengukuran hasil produk yang dihasilkan diambil dari sembilan kali uji coba proses *turning*. *Rotor sensor* yang telah selesai dilakukan proses *machining* diukur menggunakan CMM (*Coordinate Measuring Machine*). Data yang diukur menggunakan CMM dapat dilihat pada gambar 9 dan tabel 6 sebagai berikut.



Gambar 9. Pengujian Rotor Sensor Menggunakan CMM

Tabel 6: Data Hasil Pengujian Diameter Dalam dan Concentricity Rotor Sensor

Percobaan	Diameter Dalam	Concentricity	Hasil
1	51.9294 mm	0.0472	Accept
2	51.9297 mm	0.0462	Accept
3	51.9314 mm	0.0513	Reject
4	51.9313 mm	0.0481	Accept
5	51.9291 mm	0.0429	Accept
6	51.9316 mm	0.0434	Accept
7	51.9297 mm	0.0505	Reject
8	51.9295 mm	0.0482	Accept
9	51.9294 mm	0.0445	Accept

Dari data hasil pengujian diatas dapat diketahui hasil dari pengukuran sembilan kali percobaan proses *turning* menggunakan *jig rotor sensor*. Kriteria acceptable hasil *machining* yaitu diameter dalam dan concentricity tidak melebihi batas toleransi. Kedua kriteria tersebut harus terpenuhi, jika hanya salah satu kriteria saja yang terpenuhi maka produk tetap dianggap reject. Menurut data pengujian diatas dihasilkan tujuh produk rotor sensor yang sesuai ukuran toleransi.

Sedangkan dua lainnya melewati batas ukuran toleransi. Sehingga lebih dari setengah pengujian yang dilakukan berhasil menghasilkan produk yang sesuai standart dan dapat dianggap perancangan jig rotor sensor berhasil. Namun hasil produk yang reject tidak bisa diabaikan begitu saja dan perlu dilakukan pembenahan pada jig agar setiap produk rotor sensor yang dihasilkan bisa diterima sesuai standart secara konstan dan berurutan.

Total waktu operator dalam memasang produk pada jig dan proses memulai machining pada mesin CNC Lathe adalah 35 detik. Jika dihitung waktu produksi Rotor Sensor pada jig existing dengan machining time 45 detik, maka selama 8 jam dalam sehari dapat menghasilkan 360 pcs Rotor Sensor. Sedangkan machining time dengan menggunakan jig Rotor Sensor bisa mencapai 34 detik. Jika total waktu operator dalam memasang produk pada jig dan proses memulai machining pada mesin CNC Lathe dianggap sama, maka untuk memproduksi Rotor Sensor menggunakan jig Rotor Sensor membutuhkan waktu total produksi 69 detik per pcs. Sehingga dengan menggunakan jig Rotor Sensor, selama 8 jam dalam sehari dapat menghasilkan 417 pcs Rotor Sensor. Jadi dengan menggunakan jig Rotor Sensor, production rate dapat meningkat sebesar 16%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan perancangan, pembuatan dan pengujian *jig rotor sensor* yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Perancangan *jig rotor sensor* menggunakan *software autocad*, serta diperlukan data tentang *rotor sensor* dan *chuck* pada mesin *CNC lathe* terlebih dahulu. Dari spesifikasi yang diperoleh, mulai dari dimensi, material serta proses *machining* yang akan dilakukan pada produk menjadi acuan dalam merancang *jig* yang sesuai.
2. Pembuatan *jig* menggunakan mesin *CNC milling*, *wire cut*, mesin *drill*, dan mesin *grinding*. Pada saat desain *jig* sudah sesuai dengan penggunaannya dan dari segi analisa perhitungan sudah sesuai maka proses *machining* dapat dilakukan. Proses *machining* dilakukan oleh PT Toshin Prima Fine-Blanking melalui pihak ketiga sesuai rancangan *jig rotor sensor* yang telah didesain dan diperhitungkan.
3. Pengaplikasian *jig* pada produk *rotor sensor* dilakukan dengan cara memasang *jig* pada mesin *CNC Lathe*, memasang benda kerja pada *jig* menggunakan sistem *clamping hydraulic*, melakukan setting program mesin *CNC Lathe*, kemudian *jig* dan mesin *CNC Lathe* dijanlankan untuk proses *turning* produk *rotor sensor*, setelah itu dihasilkan sebuah produk *rotor sensor* dengan ukuran sesuai toleransi. Dari sembilan pengujian didapatkan hasil tujuh produk *acceptable* sesuai standar dan dua produk *reject* karena tidak sesuai standar dengan presentase keberhasilan mencapai

77,78% dengan peningkatan *production rate* sebesar 16%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada :

1. Orang tua penulis (Bapak Sony Hardiyanto dan Ibu Retno Suharini) yang senantiasa memberikan dukungan, perhatian, nasihat, saran, serta mencukupi semua kebutuhan penulis.
2. Bapak Ali Imron, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan, saran, dan pengetahuan baru pada penulis.
3. Bapak Dhika Aditya Purnomo, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan saran pada penulis.
4. Bapak Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
5. Bapak George Endri Kusuma, S.T., M.Sc.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
6. Ibu Anda Iviana Juniani, S.T., M.T. selaku Koordinator Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur.
7. Bapak Farizi Rachman, S.Si., M.Si. selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur.
8. Bapak Andreas, Bapak Indriarto, Bapak Agus, Bapak Devit dan seluruh karyawan PT. Toshin Prima Fine-Blanking yang telah banyak memberi ilmu dan masukan selama *On the Job Training* khususnya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Teman satu kamar kos (Benta) yang setiap hari saling support agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhirnya dengan sebaik mungkin.
10. Teman-teman Teknik Desain dan Manufaktur angkatan 2015 yang telah berjuang bersama-sama selama 4 tahun.
11. Keluarga besar Teknik Desain dan Manufaktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
12. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu selama ini.

7. PUSTAKA

- [1] Ulrich, K., & Eppinge, S. (2001). *Product Design and Development*. Singapore: Mc Grawhill.
- [2] Nutrantra, R. (2008). *CNC*. Surabaya: Pusat Pengembangan Bahan Ajar-UMB.
- [3] Komaro, M., Situmorang, J., & Rosmawati, I. (2016). *Penerapan Aturan Gambar Teknik Mesin dan Bagian-bagian Utama Mesin*

Bubut dan Freis. Jakarta: Direktorat Jenderal
Guru dan Tenaga Kependidikan.