

# Pengaruh Parameter Proses *CNC Milling* terhadap *Surface Roughness* dan Toleransi Bidang pada *Inlet Outer Valve*

Ramdan Suryadi<sup>1,a)</sup>, Deden Riana<sup>2,b)</sup>, Kangen<sup>3,c)</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin ITI,  
Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Elektro ITI,  
Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Kimia ITI,  
Jl. Raya Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan-Banten, Indonesia, 15320

a) ramdansuryadi89@gmail.com, b) [deden.riana@shark.com](mailto:deden.riana@shark.com), c) [kangen@shark.com](mailto:kangen@shark.com), d)

## Abstrak

*Cast Iron FC200* atau bisa disebut besi cor kelabu dengan kandungan karbon (C) 2,5-5% dan silicon (Si) 0,8-3% komponen mesin yang dicor dengan material tersebut diantaranya, *cylinder blok*, *crank case*, *crank shaft*. Karena kualitas permukaan yang lebih baik dan biaya yang tidak begitu mahal, grafit dalam *Cast Iron FC200* menghasilkan material yang memiliki ketahanan abrasi dan kekerasan yang tinggi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui dan menganalisis pengaruh *spindle*, *feed rate* dan *depth of cut* terhadap *surface roughness* dan toleransi bidang hasil pemesinan *CNC Milling Vertical Machining Centre Wele AA1165 BT40* dengan material *Cast Iron FC200* ukuran panjang 90mm x lebar 90mm x tebal 6mm. *CNC Milling* sangat cocok digunakan di perusahaan manufaktur karena ketelitian yang akurat dan waktu yang dibutuhkan pabrikasi lebih cepat. *Inlet outer valve* adalah komponen kompresor udara berfungsi untuk menghisap udara dari atmosfer yang dikompresi oleh piston dan kemudian masuk ke tabung kompresor. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan 27 benda uji. Variasi parameter pada penelitian ini adalah *Spindle Speed* (1000 RPM, 1100 RPM, dan 1200 RPM), *Feed rate* (45 mm/min, 95 mm/min, 155 mm/min) dan *Depth of Cut* (0,5 mm, 0,7 mm dan 0,9 mm). Rekomendasi parameter berdasarkan *surface roughness* yaitu *spindle (spindle speed)* 1200 RPM, kecepatan pemakanan (*feed rate*) 45 mm/min, dan kedalaman potong (*depth of cut*) 0,5mm. Kemudian rekomendasi parameter berdasarkan *toleransi bidang* yaitu *spindle (spindle speed)* 1100 Rpm, kecepatan pemakanan (*feed rate*) 45 mm/min, dan kedalaman potong (*depth of cut*) 0,9mm.

**Kata kunci:** *depth of cut*, *feed rate*, *spindle speed*, *surface roughness*, *toleransi bidang*

## Abstract

*Cast Iron FC200 or can be called grey cast iron with carbon content (C) 2.5-5% and silicon (Si) 0.8-3% engine components are cast with these materials, including cylinder block, crankcase, and crankshaft. Due to its better surface quality and lower cost, the graphite in Cast Iron FC200 produces a material that has high abrasion resistance and hardness. The purpose of this study was to determine and analyse the effect of parameters on the roughness and plane toleration of the CNC Milling Vertical Machining Centre Wele AA1165 BT40 machining with Cast Iron FC200 material with a length of 90mm x width of 90mm x 6mm thickness. CNC Milling is very suitable for use in manufacturing companies because of its accurate accuracy and faster manufacturing time. Cast Iron FC200 or can be called grey cast iron with carbon content (C) 2.5-5% and silicon (Si) 0.8-3% engine components are cast with these materials, including cylinder block, crankcase, and crankshaft. This research is experimental research with 27 test objects. Parameter variations in this study were Spindle Speed (1000 RPM, 1100 RPM and 1200 RPM), Feed rate (45 mm/min, 95 mm/min 155 mm/min,) and Depth of Cut (0.5 mm, 0.7 mm, and 0.9 mm). Recommended parameters based on roughness are spindle (spindle speed) 1200 Rpm, feed rate (feed rate) 45 mm/min, and depth of cut (depth of cut) 0.5mm. Then the recommended parameters based on plane toleration are spindle (spindle speed) 1100 RPM, feed rate (feed rate) 45 mm/min, and depth of cut (depth of cut) 0.9mm.*

**Keywords:** *depth of cut*, *feed rate*, *flatness*, *surface roughness*, *spindle speed*

## I. PENDAHULUAN

Pesatnya perkembangan teknologi manufaktur menyebabkan persaingan antar produsen produk manufaktur semakin ketat. Dalam hal ini, komputer telah

diterapkan pada peralatan mesin, antara lain mesin bubut, mesin frais, mesin bor. Hasil perpaduan antara teknologi komputer dan teknologi mekanik, selanjutnya disebut peralatan mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*).

Dalam industri manufaktur, berbagai proses pemesinan digunakan untuk menghilangkan material pada benda kerja guna mendapatkan produk yang lebih baik. Diantaranya, proses pemakanan akhir adalah salah satu operasi pemotongan *Cast Iron* yang paling penting dan umum untuk bagian-bagian pemesinan, karena dapat menghilangkan material lebih cepat dengan kualitas permukaan yang cukup baik.

Salah satu jenis mesin CNC yang digunakan adalah mesin CNC *milling* (*Milling Computer Numerical Control*), yaitu mesin *milling* yang diprogram secara numerik dengan komputer. Hasil pengerjaan mesin *CNC milling* sangat bergantung pada parameter pemesinan yang digunakan, seperti kecepatan spindle (*spindle speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*), dan kedalaman pemotongan (*depth of cut*). Kualitas barang produksi yang dianggap baik biasanya ditandai dengan kualitas permukaan komponen yang baik [5].

*Cast Iron FC200* atau bisa disebut besi cor kelabu dengan kandungan karbon (C) 2,5-5% dan silicon (Si) 0,8-3% adalah material yang paling banyak digunakan dalam pembuatan komponen mesin karena material tersebut memiliki beberapa keuntungan. Sampai saat ini besi *Cast Iron fc200* masih digunakan hampir 65% untuk bagian komponen mesin yang dicor diantaranya, *cylinder blok, crank case, crank shaft*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter proses *CNC Milling* terhadap *surface roughness* dan toleransi bidang pada *inlet outer valve* serta untuk mengetahui kombinasi optimum dari variasi parameter-parameter kecepatan spindle (*spindle speed*), kecepatan pemakanan (*feed rate*), dan kedalaman pemakanan (*deeth of cut*) terhadap *surface roughness* dan toleransi bidang pada *inlet outer valve*.

Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi ilmiah kepada industri manufaktur untuk membantu menentukan parameter-parameter proses secara tepat yang sesuai dengan material benda kerja yang akan dikerjakan serta sebagai bahan masukan bagi pengguna atau operator mesin *CNC milling* dalam peningkatan kualitas dan kuantitas produk pemesinan.

## II. LANDASAN TEORI

### A. Pengertian CNC Milling

*CNC Milling* digunakan untuk mengerjakan satu jenis penyayatan dengan produktivitas yang sangat tinggi, CNC memiliki *power* yang relatif besar sehingga menjadikan mesin ini banyak digunakan pada perusahaan manufaktur.

### B. Prinsip Kerja CNC Milling

Secara umum, prinsip kerja dari mesin *CNC milling* adalah dengan membaca program *CNC* yang dibuat oleh *programmer* dengan cara mengetik langsung pada mesin atau membuat program pada *software* pemrograman *CNC*. Selanjutnya, program *CNC* yang lebih dikenal dengan *G-Code* tersebut akan dikirim dan dieksekusi oleh *processor* untuk menggerakkan sumbu-sumbu di dalam mesin hingga menghasilkan produk yang sesuai dengan program [6].

### 1) Metode *Incremental*

Metode *incremental* adalah suatu metode pemrograman *CNC* yang titik awal penempatannya selalu berpindah sesuai dengan titik yang terakhir. Dengan metode ini, setiap kali gerakan pada proses pengerjaan benda berakhir, titik akhir gerakan alat potong akan dianggap sebagai titik awal gerakan alat potong pada tahap selanjutnya.

### 2) Metode *Absolute*

Berbeda dengan metode *incremental*, pada metode *absolute* ini titik awal yang digunakan sebagai acuan akan selalu tetap pada satu titik selama mesin beroperasi.

## C. Parameter Mesin

Parameter yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari kecepatan spindle (*Spindle Speed*), kecepatan pemakanan (*Feed Rate*) dan kedalaman pemakanan (*Depth of Cut*).

### 1. Kecepatan Spindel (*Spindle Speed*)

Kecepatan spindle ditentukan berdasarkan kecepatan potong [1], kecepatan potong adalah jarak yang ditempuh oleh satu titik (dalam satuan meter) pada selubung pisau dalam waktu satu menit, rumus kecepatan potong identik dengan rumus kecepatan potong, pada proses *frais* besarnya diameter yang digunakan adalah diameter pisau. Rumus kecepatan potong ditunjukkan pada persamaan berikut [1]:

$$V_c = \frac{\pi \times d \times n}{1000 \text{ Rpm}} \quad (1)$$

Keterangan:

- $V_c$  = Kecepatan potong (m/menit)
- $\pi$  = 3.14
- $d$  = Diameter pisau (mm)
- $n$  = Putaran benda kerja (rpm)

### 2. Kecepatan Pemakanan (*Feed Rate*)

Kecepatan pemakanan (*feed rate*) adalah jarak tempuh pisau dengan laju konstan relatif terhadap benda kerja dalam satuan milimeter permenit. Rumus menghitung *feed rate* adalah sebagai berikut [7]:

$$V_f = n \times f_z \times Z \quad (2)$$

Keterangan:

- $V_f$  = Kecepatan pemakanan (mm/menit)
- $N$  = Kecepatan putaran (Rpm)
- $F_z$  = Kecepatan makan pergigi (mm/tooth)
- $Z$  = Jumlah mata potong *end mill*

### 3. Kedalaman Pemakanan (*Depth of Cut*)

Kedalaman pemakanan adalah jarak permukaan yang sudah dipotong dengan permukaan yang belum dipotong. Tebal pemakanan dapat dipilih berdasarkan material benda kerja, pisau/pahat yang digunakan, mesin, dan kecepatan potong [1]. Rumus kedalaman pemakanan adalah sebagai berikut [7]:

$$\alpha = \frac{d0 + dm}{2} \quad (3)$$

Keterangan:

- $\alpha$  = Kedalaman pemakanan (mm)  
 $d0$  = Diameter awal (mm)  
 $dm$  = Diameter akhir (mm)

#### D. Kekasaran Permukaan (Surface Roughness)

Kekasaran permukaan ialah ketidakteraturan konfigurasi dan penyimpangan, karakteristik permukaan berupa guratan yang nantinya akan tampak pada profil permukaan [2]. Kekasaran permukaan diukur menggunakan *Surface Roughness Tester Mitutoyo type SJ-410*.

#### E. Kerataan Permukaan Toleransi Bidang

Kerataan permukaan adalah salah satu geometri yang sangat penting dan banyak terdapat pada komponen mesin (elemen mesin) seperti misalnya base dari suatu mesin atau alat ukur. Tingkat kerataan suatu hasil proses mesin *milling* mempengaruhi stabilitas dari bagian mesin tersebut. Faktor yang mempengaruhi tingkat kerataan suatu benda kerja dipengaruhi oleh *setting* benda kerja atau parameter [4]. Kerataan permukaan diukur dengan menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)* dengan merk Mitutoyo Type 9106.

### III. METODE PENELITIAN

Eksperimen proses pemesinan *CNC Milling Inlet Outer Valve Cast Iron FC200* dilakukan di PT. Sharprindo Dinamika Prima pada divisi *Machining* dan laboratorium *Engineering* secara langsung pada sampel objek yang akan dianalisa dengan mengumpulkan data-data hasil proses *machining* dan lain-lain. Kemudian data tersebut akan dianalisis nilai *surface roughness* dan toleransi bidang.

#### A. Prosedur Penelitian

- 1) Mempersiapkan benda kerja *part inlet outer valve type 1-2 Hp*, ukuran persegi dengan panjang 90 mm, lebar 90 mm dan tebal 6 mm.
- 2) Memasang Benda kerja pada *Jig Fixture* Mesin *CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40*.
- 3) Memasang *Cutting Tools* pada *arbor spindle Facemill Ø 100 mm*
- 4) Input program pada mesin *CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40* yang telah di buat.
- 5) Mengatur kecepatan *spindle* pada masing-masing proses pembuatan benda kerja.
- 6) Melaksanakan proses pemesinan sesuai dengan desain benda kerja pada mesin *CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40*.
- 7) Melepaskan benda kerja karena proses pemesinan telah selesai.

- 8) Mengukur hasil benda kerja yang tadi di proses meliputi kedalaman *depth of cut*, nilai *toleransi bidang* permukaan, dan nilai *surface roughness* permukaan.
- 9) Melakukan pengujian kedalaman permukaan (*depth of cut*) dengan *vernier caliper*.

#### B. Rancangan Percobaan Penelitian

Tahapan rancangan percobaan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter *cutting tool facemill* terhadap *roughness* dan toleransi bidang hasil proses *machining CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40* melalui serangkaian proses pengujian, dengan mempertimbangkan hasil kekasaran melalui pengujian *roughnes* yang sesuai dengan standar ASTM D7127-13. Kemudian melakukan pengujian toleransi bidang sesuai dengan standar ASTM A1030.

**Tabel 1.** Nilai level dan parameter proses yang diuji

Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
Spindle Speed	1000	1100	1200
Feed Rate	45	95	155
Depth of Cut	0,5	0.7	0,9

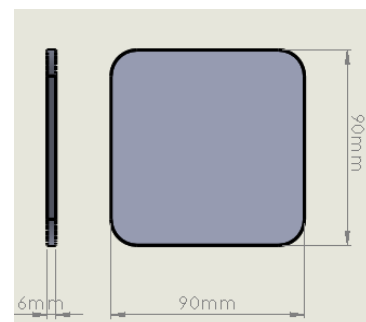
Setelah parameter proses dan level ditentukan selanjutnya melakukan desain eksperimen. Dimana spesimen yang akan dilakukan 27 kali kondisi eksperimen.

#### C. Variabel Penelitian

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah *Spindle Speed*, *Feed rate* dan *Depth of Cut*. Variabel terikat yaitu nilai *surface roughness* dan toleransi bidang pada hasil pengerjaan *Inlet Outer Valve* di *CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40*.

#### D. Material Pengujian

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah *material casting FC200*. Hal ini dikarenakan material tersebut adalah produk yang diproduksi oleh PT. Sharpindo Dinamika Prima yang menjadi objek dalam penelitian ini.



**Gambar 1.** Product 2 dimensi

Pada gambar 1 menunjukkan spesimen *product* berbentuk persegi dengan ukuran panjang 90 mm, lebar 90 mm dan tebal 6 mm.

Peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Mesin CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40
- 2) Coordinate Measuring Machine (CMM) Mitutoyo
- 3) Mesin Surface Tester Mitutoyo
- 4) Facemill Ø100 mm Ceratizit Flute 10
- 5) Vernier Caliper
- 6) Zero Setter

#### E. Tahapan Pengujian

Pengujian-pengujian pada bahan uji bertujuan mendapatkan data-data untuk dianalisis. Berikut tahapan pengujian yang dilakukan.

##### 1) Gambar Benda Kerja

Ketika akan melakukan pengerjaan pada mesin CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40, maka terlebih dahulu menggambar atau mendesain benda kerja yang akan dibuat menggunakan *Software SolidWorks*. Material yang digunakan adalah *Cast Iron FC 200* dengan ukuran *material* persegi dengan panjang 90 mm, lebar 90 mm dan tebal 6 mm.

##### 2) Proses CAM

Untuk menggunakan mesin CNC membutuhkan pemrograman *NC-Code*. Sesuai *NC-Code* motor *stepper* akan berjalan sesuai dengan *Code* yang dimasukkan ke CNC. *NC-Code* disusun menggunakan *PowerMill*. *PowerMill* merupakan fitur pembuat program CNC untuk mensimulasikan benda kerja yang akan diproses di CNC dan mengubahnya menjadi *NC-Code*.

##### 3) Proses pengerjaan

Proses pengerjaan ini dilakukan dengan jumlah 27 sample uji, *jig fixture* yang digunakan ada dua kanan dan kiri, maka proses pengerjaan dilakukan lima kali proses dengan empat kali dua pcs dan satu kali satu *pieces*. Proses pengerjaan benda uji di CNC Milling ditunjukkan pada gambar 3



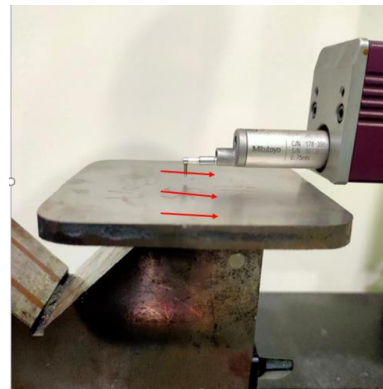
**Gambar 2.** Proses pengerjaan benda uji di CNC Milling Vertical Machining Centre Welle AA1165 BT40

##### 4) Proses pengujian *surface roughness* menggunakan *surface tester*

Pengujian kekasaran permukaan menggunakan *Surface Roughness Tester* dengan merek Mitutoyo type SJ-410 terhadap permukaan *cast iron FC200* dengan menggunakan mesin CNC Milling.



**Gambar 3.** Mesin Surface Tester type SJ-410

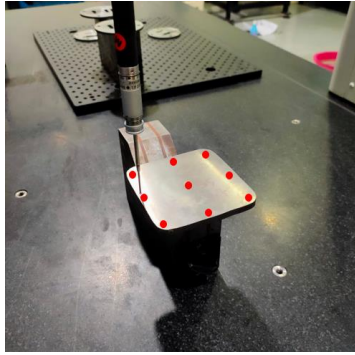


**Gambar 4.** Titik uji *surface roughness* menggunakan mesin *Surface Roughness Tester* dengan 3 titik ukur

Cara pengukuran ditunjukkan pada gambar 4, dimana sambungkan kabel listrik ke PLN, tekan tombol ON lalu pilih standart pengukuran yang digunakan (*Ra*) lanjut ke proses pengujian *surface roughness*. Letakan benda uji yang akan diuji di meja ukur (di bawah *stylus surface tester*) dan pastikan pada posisi rata, putar *handle* mesin *surface tester* mendekati benda kerja sampai tekanan terlihat di monitor (warna hijau). Kemudian tekan tombol *start*, tunggu beberapa saat hasil ukur akan terlihat di layar. Lakukan pencatatan data uji. Setelah selesai lepaskan benda uji dari meja uji. Kemudian tekan tombol OFF, lalu cabut kabel listrik.

##### 5) Proses Pengujian Toleransi Bidang Menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)*

Untuk mengetahui nilai kerataan permukaan pada benda uji setelah proses *facing* dengan menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)* dengan ketelitian 0,001 mm menggunakan 9 titik uji.



**Gambar 5.** Titik uji toleransi bidang menggunakan *Coordinate Measuring Machine (CMM)*



**Gambar 6.** *Coordinate Measuring Machine (CMM)* Mitutoyo Type 9106

Jika ingin menentukan garis memerlukan tiga titik (sentuhan) dan kemudian sumbu X dan Y, pilih *icon Line* atau *Element > Line* kemudian Kotak *element Line* akan tampil. Tiga (3) titik yang diperlukan untuk menentukan garis kemudian pilih OK. Setelah semua diuji pilih ikon *exit*. Kotak dialog GEOPAX terbuka, pilih *Save Part Program* untuk menyimpan data hasil pengukuran yang baru saja di uji. Lalu Pilih OK

#### F. Teknik Analisis Data

Setelah data atau hasil yang berupa ukuran tingkat kekasaran dan kerataan permukaan sudah diperoleh, maka selanjutnya dilakukan analisis data dari hasil pengukuran kekasaran (*surface roughness*) dan kerataan toleransi bidang permukaan pada *inlet outer valve* dengan *one way anova* menggunakan program SPSS versi 26. Kriteria untuk uji *One Way Anova* sebagai berikut:

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah eksperimen pengujian dilakukan selanjutnya data-data tersebut dianalisis. Adapun data tersebut meliputi uji kekasaran permukaan (*surface roughness*) dan uji kerataan permukaan toleransi bidang. Data yang diperoleh berupa angka (nilai). Adapun hasil pengujian kekasaran dan kerataan permukaan menggunakan variasi kecepatan putaran spindle (*spindle speed*), kecepatan

pemakanan (*feed rate*) kedalaman pemakanan (*depth of cut*) dari spesimen *cast iron FC200*.

#### A. Pembahasan dan Analisis One Way Anova Data Kekasaran Permukaan

Berikut ini adalah hasil uji kekasaran permukaan pada *Cast Iron FC200* diperoleh dari alat ukur kekasaran permukaan (*Surface Roughness Tester*) dengan merek *Mitutoyo type SJ-410* terhadap permukaan *cast iron FC200* dengan menggunakan mesin *CNC Milling*. Pengukuran tersebut dilakukan setelah benda kerja melalui proses pemesinan *CNC Milling* dengan variasi *spindle speed* (1000 RPM, 1100 RPM, dan 1200 RPM); *feed rate* (45 mm/min, 95 mm/min, dan 155 mm/min) dan *depth of cut* (0,5mm, 0,7 mm dan 0,9 mm). Dari hasil pengujian yang diambil kemudian data tersebut dimasukkan kedalam tabel.

**Tabel 2.** Hasil uji kekasaran permukaan (*surface roughness*)

Spindle speed (Rpm)	Feed rate (mm/min)	Depth of cut (mm)	Spesimen	Surface Roughness (Ra)		Rata-Rata
				Replikasi 1	Replikasi 2	
1000	45	0,5	1	0,385	0,359	0,372
	45	0,7	2	0,473	0,491	0,482
	45	0,9	3	0,629	0,645	0,637
	95	0,5	4	0,475	0,503	0,489
	95	0,7	5	0,601	0,649	0,625
	95	0,9	6	0,745	0,685	0,715
	155	0,5	7	0,63	0,39	0,51
	155	0,7	8	0,563	0,645	0,604
	155	0,9	9	0,829	0,629	0,729
	45	0,5	10	0,32	0,392	0,356
1100	45	0,7	11	0,536	0,382	0,459
	45	0,9	12	0,321	0,755	0,538
	95	0,5	13	0,531	0,411	0,471
	95	0,7	14	0,498	0,546	0,522
	95	0,9	15	0,721	0,627	0,674
	155	0,5	16	0,431	0,487	0,459
	155	0,7	17	0,476	0,574	0,525
	155	0,9	18	0,503	0,803	0,653
	45	0,5	19	0,291	0,329	0,31
	45	0,7	20	0,387	0,405	0,396
1200	45	0,9	21	0,409	0,441	0,425
	95	0,5	22	0,621	0,205	0,413
	95	0,7	23	0,487	0,495	0,491
	95	0,9	24	0,639	0,419	0,529
	155	0,5	25	0,638	0,418	0,528
	155	0,7	26	0,738	0,454	0,596
	155	0,9	27	0,753	0,477	0,615

Kemudian data hasil penelitian diuji secara statistik dengan Anova (*analysis of variance*) untuk mengetahui parameter mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap kekasaran permukaan benda kerja (*surface roughness*) pada proses *machining sparepart inlet outer valve* dengan material *cast iron FC 200* untuk aplikasi di kompresor udara *type 1-2 HP*. Tabel 3 menunjukkan hasil uji *one way anova* untuk kekasaran permukaan (*surface roughness*).

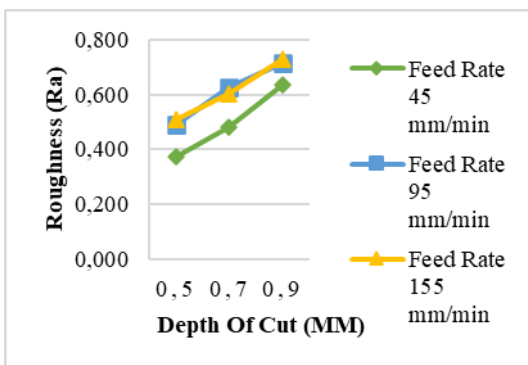
**Tabel 3.** Hasil uji *one way anova* untuk *surface roughness*

ANOVA					
Spindle Speed	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,042	2	0,021	1,843	0,180
Within Groups	0,270	24	0,011		
Total	0,312	26			
Feed Rate	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,094	2	0,047	5,189	0,013
Within Groups	0,218	24	0,009		
Total	0,312	26			
Depth Of Cut	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,143	2	0,072	10,225	0,001
Within Groups	0,168	24	0,007		
Total	0,312	26			

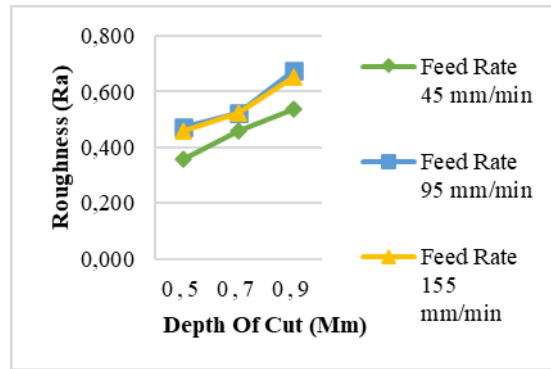
Berdasarkan hasil uji *one way Anova* menunjukkan bahwa kecepatan pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) memiliki nilai sig < 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa kecepatan pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) berpengaruh signifikan terhadap kekasaran permukaan (*surface roughness*) pada proses *machining sparepart inlet outer valve* dengan *material case iron FC 200* untuk aplikasi di kompresor udara *type 1-2 HP*. Sedangkan kecepatan *spindle (spindle speed)* memiliki nilai sig > 0,05 sehingga dapat dikatakan bahwa *spindle speed* tidak berpengaruh signifikan terhadap kerataan permukaan toleransi bidang.

**B. Pembahasan dan Analisa Grafik Data Kekasaran Permukaan (Surface Roughness)**

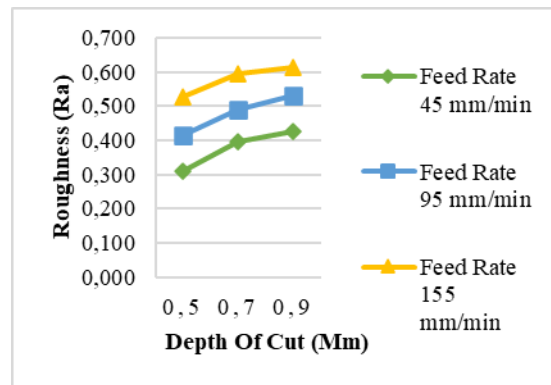
1) Grafik Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*) Berdasarkan *Spindle Speed*



**Gambar 7.** Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *spindle speed* 1000 RPM



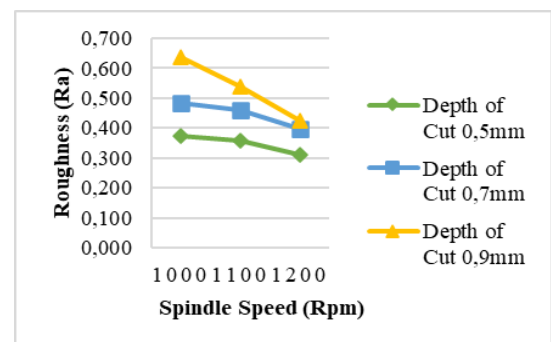
**Gambar 8.** Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *spindle speed* 1100 RPM



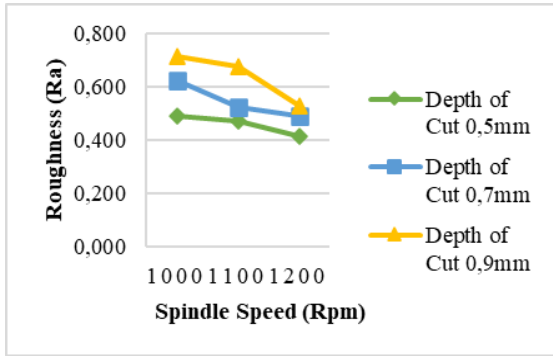
**Gambar 9.** Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *spindle speed* 1200 RPM

Berdasarkan gambar 7, 8, dan 9 untuk ketiga variasi kecepatan *spindle* (1000 RPM; 1100 RPM; dan 1200 RPM). Kecepatan 1200 RPM memiliki tingkat kekasaran rata-rata permukaan yang paling rendah yakni 0,310 Ra, sedangkan untuk tingkat kekasaran rata-rata yang paling tinggi adalah kecepatan 1000 RPM dengan nilai kekasaran 0,729 Ra. Kemudian dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi kecepatan *spindle (spindle speed)* maka akan semakin rendah nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*).

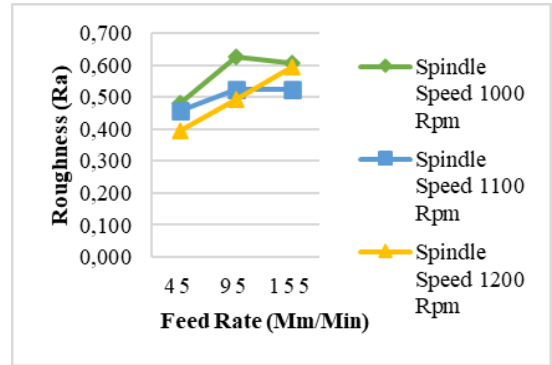
2) Grafik Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*) Berdasarkan *Feed Rate*



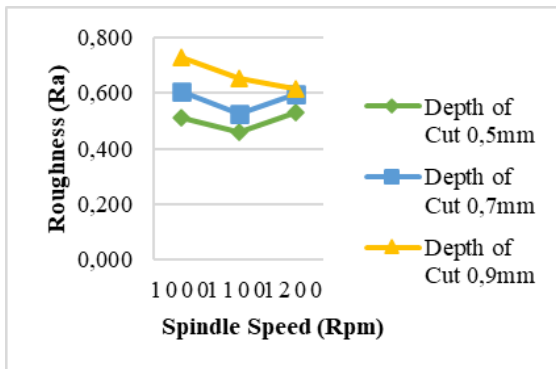
**Gambar 10.** Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *feed rate* 45 mm/min



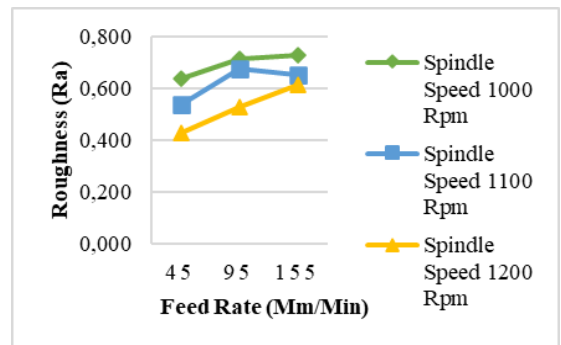
Gambar 11. Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *feed rate* 95 mm/min



Gambar 14. Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *Depth of Cut* 0,7 mm



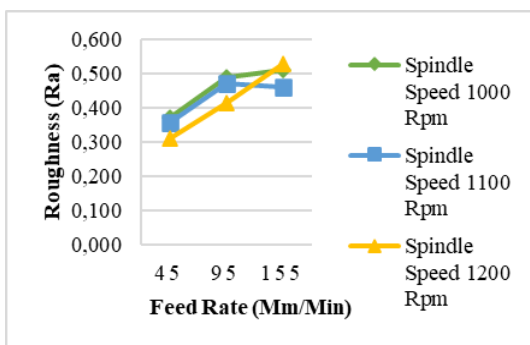
Gambar 12. Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *Feed Rate* 155 mm/min



Gambar 15. Grafik rata-rata *Surface Roughness* Berdasarkan *Depth Of Cut* 0,9 mm

Berdasarkan gambar 10, 11, dan 12 untuk ketiga variasi kecepatan pemakanan (*feed rate*) (45 mm/min; 95 mm/min; dan 155 mm/min). Kecepatan pemakanan (*feed rate*) 45 mm/min memiliki tingkat kekasaran rata-rata permukaan yang paling rendah yakni 0,310 Ra, sedangkan untuk tingkat kekasaran rata-rata yang paling tinggi adalah *feed rate* 155 mm/min dengan nilai kekasaran 0,729 Ra. Kemudian dapat dijelaskan bahwa semakin rendah kecepatan pemakanan (*feed rate*) maka akan semakin rendah pula nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*).

3) Grafik Kekasaran Permukaan (*Surface Roughness*) Berdasarkan *Depth of Cut*



Gambar 13. Grafik rata-rata *surface roughness* berdasarkan *Depth of Cut* 0,5 mm

Berdasarkan gambar 13, 14, dan 15 untuk ketiga variasi kedalaman pemakanan (*depth of cut*) (0,5 mm; 0,7 mm; 0,9 mm). Kedalaman pemakanan (*dept of cut*) 0,5 mm memiliki tingkat kekasaran rata-rata permukaan yang paling rendah yakni 0,310 Ra, sedangkan untuk tingkat kekasaran rata-rata yang paling tinggi adalah *depth of cut* 0,9 mm dengan nilai kekasaran 0,729 Ra. Kemudian dapat dijelaskan bahwa semakin kecil kedalaman pemakanan yang digunakan maka semakin rendah nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan dan semakin besar kedalaman pemakanan maka semakin kasar nilai kekasaran permukaan yang dihasilkan [3].

C. Pembahasan dan Analisis *One Way Anova Data* Kerataan Permukaan

Hasil uji kerataan permukaan pada *Cast Iron FC200* diperoleh dari alat ukur kerataan permukaan *Coordinate Measuring Machine (CMM) Mitutoyo type 9106* terhadap permukaan *cast iron FC200* dengan menggunakan mesin *CNC Milling*. Pengukuran tersebut dilakukan setelah benda kerja melalui proses pemesinan *CNC Milling* dengan variasi *spindle speed* (1000 rpm, 1100 rpm dan 1200 rpm); *feed rate* (45 mm/min, 95 mm/min, dan 155 mm/min) dan *depth of cut* (0,5mm, 0,7 mm dan 0,9 mm). Hasil pengujian ditunjukkan pada table 4.

**Tabel 4.** Hasil uji kerataan permukaan toleransi bidang

Spindle speed (Rpm)	Feed rate (mm/min)	Depth of cut (mm)	Spesimen	Flatness (Ra)		Rata - Rata
				Replikasi 1	Replikasi 2	
1000	45	0,5	1	0,073	0,099	0,09
		0,7	2	0,065	0,079	0,07
		0,9	3	0,102	0,096	0,1
	95	0,5	4	0,076	0,098	0,09
		0,7	5	0,097	0,081	0,09
		0,9	6	0,075	0,095	0,09
		0,5	7	0,062	0,088	0,08
	155	0,7	8	0,076	0,102	0,09
		0,9	9	0,079	0,127	0,1
		0,5	10	0,05	0,078	0,06
45	0,7	11	0,056	0,03	0,04	
	0,9	12	0,038	0,034	0,04	
	0,5	13	0,08	0,094	0,09	
	95	0,7	14	0,082	0,068	0,08
		0,9	15	0,067	0,045	0,06
		0,5	16	0,065	0,077	0,07
	155	0,7	17	0,075	0,083	0,08
0,9		18	0,068	0,082	0,08	
0,5		19	0,057	0,033	0,05	
45	0,7	20	0,084	0,05	0,07	
	0,9	21	0,059	0,049	0,05	
	0,5	22	0,043	0,045	0,04	
	95	0,7	23	0,073	0,039	0,06
0,9		24	0,099	0,095	0,1	
0,5		25	0,06	0,066	0,06	
1200	155	0,7	26	0,043	0,107	0,08
		0,9	27	0,089	0,071	0,08

Kemudian data hasil eksperimen selanjutnya diuji secara statistik dengan Anova (*analysis of variance*) untuk mengetahui parameter proses *CNC Milling* mana yang berpengaruh secara signifikan terhadap kerataan permukaan toleransi bidang pada *inlet outer valve* pada proses *machining sparepart inlet outer valve* dengan *material case iron FC 200* untuk aplikasi di kompresor udara *type 1-2 HP*. Tabel 5. menunjukkan hasil uji one way anova untuk kerataan permukaan toleransi bidang.

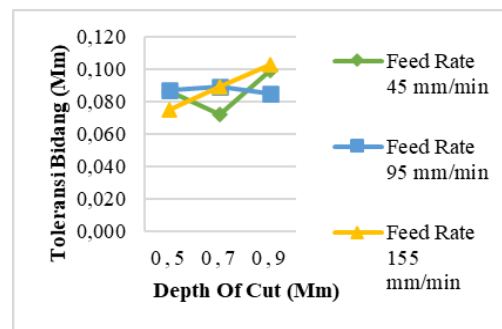
**Tabel 5.** Hasil uji *one way anova* untuk toleransi bidang

ANOVA					
Spindle Speed	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,003	2	0,002	6,56	0,01
Within Groups	0,006	24	0		
Total	0,009	26			
Feed Rate	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,001	2	0,001	2,08	0,15
Within Groups	0,007	24	0		
Total	0,009	26			
Depth Of Cut	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0	2	0	0,33	0,72
Within Groups	0,008	24	0		
Total	0,009	26			

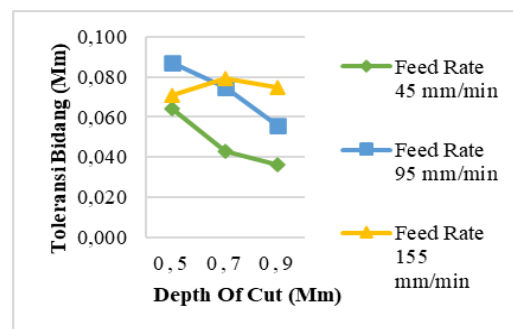
Berdasarkan hasil uji *one way Anova* menunjukkan bahwa kecepatan *spindle (spindle speed)* memiliki nilai  $\text{sig} < 0,05$  sehingga dapat dikatakan bawah *spindle speed* berpengaruh signifikan terhadap kerataan permukaan (*fla*) pada proses *machining sparepart inlet outer valve* dengan *material case iron FC 200* untuk aplikasi di kompresor udara *type 1-2 HP*. Sedangkan kecepatan pemakanan (*feed rate*) dan kedalaman pemakanan (*depth of cut*) memiliki nilai  $\text{sig} > 0,05$  sehingga dapat dikatakan tidak berpengaruh terhadap kerataan permukaan (*surface roughness*).

**D. Pembahasan dan Analisa Grafik Data Kerataan Permukaan Toleransi Bidang**

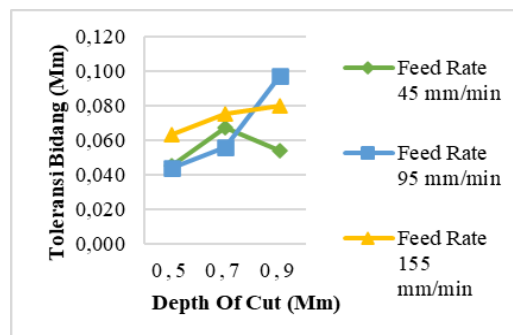
**1) Grafik Kerataan Permukaan Toleransi Bidang Berdasarkan Spindle Speed**



**Gambar 16.** Grafik rata-rata toleransi bidang berdasarkan *spindle speed* 1000 RPM



**Gambar 17.** Grafik rata-rata toleransi bidang berdasarkan *spindle speed* 1100 RPM

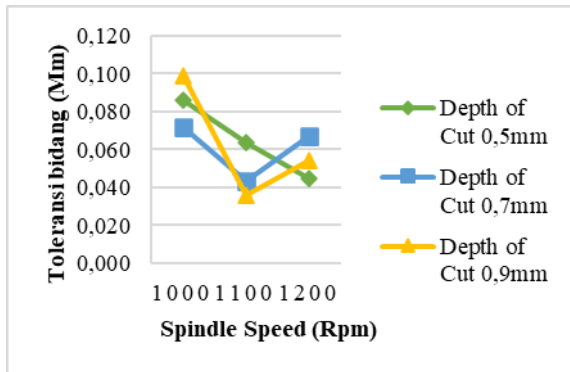


**Gambar 18.** Grafik rata-rata toleransi bidang berdasarkan *spindle speed* 1200 RPM

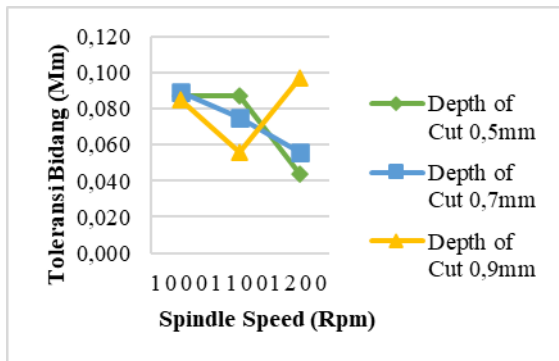


Berdasarkan gambar 16, 17, dan 18 untuk ketiga variasi kecepatan spindle (*spindle speed*) (1000 RPM; 1100 RPM, dan 1200 RPM). Kecepatan spindle (*spindle speed*) 1100 RPM memiliki rata-rata tingkat kerataan permukaan toleransi bidang yang paling rendah yakni 0,036 mm, sedangkan untuk tingkat kerataan toleransi bidang rata-rata yang paling tinggi adalah *spindle speed* 1000 RPM dengan nilai kerataan toleransi bidang 0,103 mm.

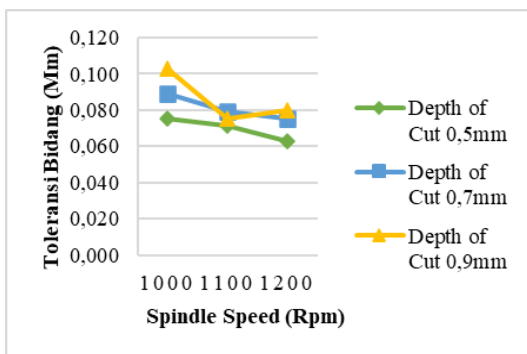
2) Grafik Kerataan Permukaan Toleransi Bidang Berdasarkan *Feed Rate*



Gambar 19. Grafik rata-rata *toleransi bidang* berdasarkan *feed rate* 45 mm/min



Gambar 20. Grafik rata-rata *toleransi bidang* berdasarkan *feed rate* 95 mm/min

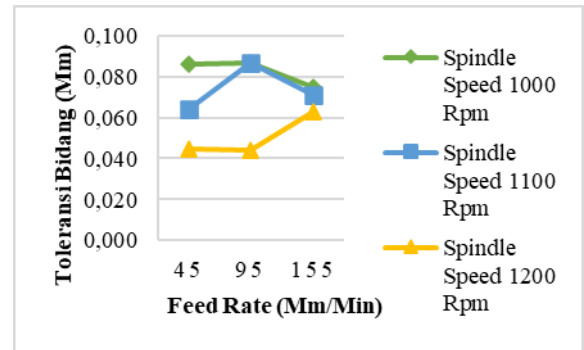


Gambar 21. Grafik rata-rata *toleransi bidang* berdasarkan *feed rate* 155 mm/min

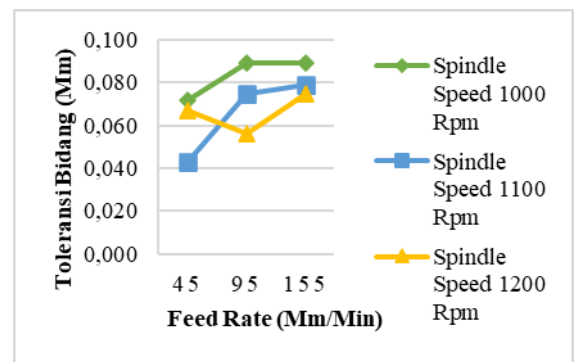
Berdasarkan gambar 19, 20, dan 21 untuk ketiga variasi kecepatan pemakanan (*feed rate*) yang dipakai dalam

penelitian ini (45 mm/min, 95 mm/min, dan 155 mm/min). Kecepatan pemakanan (*feed rate*) 45 mm/min memiliki tingkat kerataan toleransi bidang rata-rata permukaan yang paling rendah yakni 0,036 mm, sedangkan untuk tingkat kerataan toleransi bidang rata-rata yang paling tinggi adalah *feed rate* 155 mm/min dengan nilai kerataan 0,103 mm.

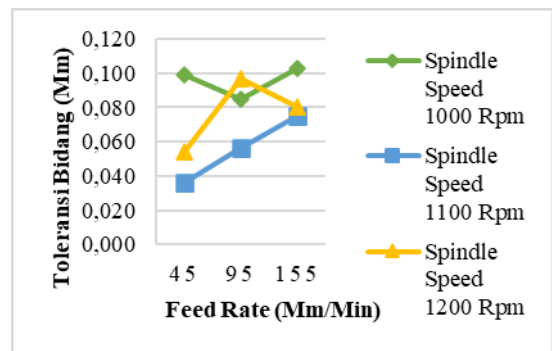
3) Grafik Kerataan Permukaan Toleransi Bidang Berdasarkan *Depth of Cut*



Gambar 22. Grafik rata-rata *toleransi bidang* berdasarkan *Depth of Cut* 0,5 mm



Gambar 23. Grafik rata-rata *toleransi bidang* berdasarkan *Depth of Cut* 0,7 mm



Gambar 24. Grafik rata-rata *toleransi bidang* berdasarkan *Depth of Cut* 0,9 mm

Berdasarkan 22, 23, dan 24 untuk ketiga variasi *depth of cut* yang dipakai dalam penelitian ini (0,5 mm; 0,7 mm; 0,9 mm). *Depth of cut* 0,9 mm memiliki tingkat kekasaran rata-rata permukaan yang paling rendah yakni

0,036 mm, sedangkan untuk tingkat kekasaran rata-rata yang paling tinggi adalah *depth of cut* 0,9 mm dengan nilai kekasaran 0,103 mm.

## V. KESIMPULAN

1. *Spindle speed* tidak memiliki pengaruh terhadap nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*). Sedangkan pada *feed rate* dan *depth of cut* memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekasaran permukaan (*surface roughness*) pada *inlet outer valve*. Kemudian kecepatan *spindle* (*spindle speed*) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai toleransi bidang pada *inlet outer valve*. Sedangkan *feed rate* dan *depth of cut* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai toleransi bidang.
2. Rekomendasi parameter berdasarkan *surface roughness* pada *inlet outer valve* yaitu dari interaksi kecepatan *spindle* (*spindle speed*) 1200 RPM, kecepatan pemakanan (*feed rate*) 45 mm/min, dan kedalaman potong (*depth of cut*) 0,5mm. Kemudian rekomendasi parameter berdasarkan toleransi bidang pada *inlet outer valve* yaitu dari interaksi kecepatan *spindle* (*spindle speed*) 1100 RPM, kecepatan pemakanan (*feed rate*) 45 mm/min, dan kedalaman potong (*depth of cut*) 0,9mm.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Laboratorium PT. Sharpindo Dinamika Prima yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini.

## REFERENSI

- [1] Basit, A. B., Pengaruh Spindle Speed Terhadap Visual Kekasaran Dan Nilai Kerataan Permukaan Mesin CNC 5 Axis Berbasis Microcontroller Mach 3 Breakout Board Dan Microstep Motor Driver Controller Tb6600, Skripsi, Universitas Pancasakti, Tegal, 2019.
- [2] Delima, A., Hermawan, Y., Triono, A., & Sakura, R. R., Analisis Kekasaran Permukaan Dan Morfologi Chips Pada Proses Drilling Kayu Jati, *Jurnal STATOR*, vol. 5, no. 1, 2022, pp. 18–27.
- [3] Fauzi, A., & Sumbodo, W., Pengaruh Parameter Pemakanan Terhadap Kekasaran Permukaan St 40 Pada Mesin Bubut CNC, *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, 2021, pp. 46–57.
- [4] Firdaus, F. N., Pengaruh Kecepatan Putar Dan Penyayatan Endmill Cutter Type Hss Terhadap Tingkat Kekasaran Alumunium Pada Mesin CNC, *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin (JPTM)*, vol. 10, no. 2, 2021, pp. 103–110.
- [5] Mataram, N., Saputra, S. R., & Setiyawan, K., Optimasi Parameter Proses Milling dengan Pendinginan Fluida Alami (Cold Natural Fluid) terhadap Kualitas Permesinan Baja ST 42 dengan Metode Taguchi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik (SENASTIKA)*, Oktober 2020, pp 1 - 14.
- [6] Sunarto, Hartono, Carli, Daryadi, Tjahjono, B., & Setiyawan, T., Desain dan Pembuatan Mesin CNC Milling untuk Pembuatan Ukiran Kerajinan Kayu, *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 17, no. 1, 2022. pp. 139–150.
- [7] Yudhyadi, I. G. N. K., Rachmanto, T., & Ramadan, A.

D., Optimasi Parameter Permesinan terhadap Waktu Proses pada Pemrograman CNC Milling dengan Berbasis CAD/CAM, *Dinamika Teknik Mesin : Jurnal Keilmuan Dan Terapan Teknik Mesin*, vol. 6, no. 1, 2016, pp. 38–50.