

# PENGARUH VARIASI PUTARAN BENDA KERJA DAN PUTARAN *TOOL* MENGGUNAKAN METODE PEMAKANAN TANGENSIAL PADA PROSES TURN-MILLING TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN

Gusmardani Jefryanto<sup>1</sup> dan Yohanes<sup>2</sup>

Laboratorium Teknologi Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau Kampus Bina Widya Km. 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293

Email : gusmardani08@gmail.com, yohanes\_tmesin@yahoo.com

## Abstract

*The surface roughness of a machining process is a very important factor in the field of production that is one of the turn-milling process. Turn-milling is a combined machining process of turning and milling with complete tools (cutting) where workpieces and tools rotate together. The turn-milling process can generally be categorized in orthogonal turn-milling, tangential turn-milling and co-axial turn-milling methods. The resulting surface quality is also affected by the parameters of the machining process in the form of rotation of the workpiece and the rotation of the tool. The purpose of this research is to know the effect of parameters on surface roughness and optimal parameter to surface roughness by doing tangential process of turn-milling. By varying the parameter variables, the surface roughness generated in this study is influenced by the rotation of the workpiece and the rotation of the tool. The higher the tool rotation the lower the surface roughness. Conversely, the higher the rotation of the workpiece the higher the surface roughness. The optimal parameter is a rotation tool of 25000 rpm with a rotation of 630 rpm objects found in the roughness class N7 with a roughness value of 1.321  $\mu\text{m}$  where the roughness value is lower among other N7 roughness classes.*

**Keywords :** Turn-milling, Tangential Turn-milling, Rotation, Roughness.

## 1. Pendahuluan

*Turn-milling* merupakan gabungan dari pengerjaan *turning* dan *milling* yang akan meningkatkan produktifitas pemesinan. Satu dari perbedaan dalam proses *turn-milling* ini adalah kecepatan potong yang diterapkan pada *tool* dan benda kerja dengan berputar bersamaan. Studi tentang *turn-milling* ini dimulai sejak 1990 oleh Schulz dkk (Usyal, E. dkk. 2014).

*Turn-milling* adalah konsep manufaktur teknologi yang relatif baru. *Turn-milling* merupakan proses pemesinan dimana benda kerja dengan kelengkapan *tool* yang keduanya berputar bersamaan. Proses ini secara umum dapat dikategorikan dalam metode *co-axial turn-milling* dan *orthogonal turn-milling* (Shaw, M.C. dkk. 1952).

Menurut Savas (Savas, V. dkk. 2007), hasil dari percobaan eksperimen menggunakan tangensial *turn-milling* berbeda dengan *co-axial turn-milling* dan *orthogonal turn-milling*, terutama menggunakan tangensial *turn-milling* sebagai pengganti proses *grinding* pada benda kerja yang berputar karena nilai kekasaran yang dihasilkan sangat mendekati hasil dari proses *grinding* sehingga akan menurunkan biaya produksi di Industri. Savas juga menyatakan bahwa kualitas kekasaran permukaan benda kerja yang ideal menggunakan pemakanan tangensial *turn-milling* dengan mempertimbangkan kecepatan pemotongan benda kerja dan putaran benda kerja.

Menurut Sato, kekasaran permukaan dari suatu proses pengerjaan *turning* merupakan faktor yang

sangat penting dalam bidang produksi, dalam proses pengerjaan ini adalah untuk menjamin mutu, akurasi, dan kepresisian suatu komponen (Sato, T. dkk. 1989).

Kekasaran permukaan suatu benda kerja hasil dari proses pemesinan merupakan salah satu kualitas dari produk hasil pemesinan. Kualitas permukaan yang dihasilkan pada proses pemesinan dipengaruhi oleh parameter pemesinan itu sendiri salah satunya dipengaruhi oleh putaran benda kerja, *feeding*, kecepatan potong, kedalaman potong, dan lainnya (Rochim, T. 1983)

Pemilihan parameter proses pemesinan yang tepat sangat dibutuhkan dan yang mempengaruhi kualitas kekasaran permukaan antara lain putaran benda kerja dan putaran *tool*. Oleh karena itu penelitian ini akan mengkaji tentang pengaruh variasi parameter pada proses *turn-milling* menggunakan *rotary tool* yang telah dirancang oleh Tim perancang di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Riau yakni putaran benda kerja dan putaran *tool* terhadap kekasaran permukaan.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mengetahui pengaruh putaran benda kerja dan putaran *tool* pada proses tangensial *turn-milling* terhadap kekasaran permukaan benda kerja.
- 2) Mengetahui putaran benda kerja dan putaran *tool* yang optimal terhadap kekasaran permukaan benda.

Studi *turn-milling* telah dimulai pada tahun 1990 oleh Schulz dan Spur yang memperkenalkan

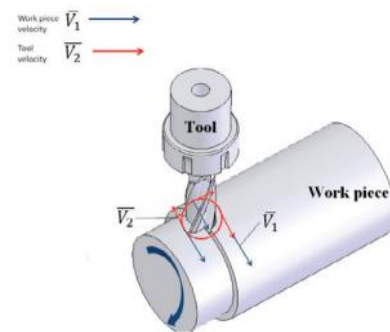
kategori metode *orthogonal* dan *co-axial* pada *turn-milling*. Mereka juga mempelajari bentuk beram yang dihasilkan dan akurasi geometrik benda kerja (Uysal, E. dkk. 2014). Menurut Choudhury, pengerjaan *orthogonal turn-milling* dengan parameter pemotongan yang berbeda untuk mendapatkan hasil permukaan akhir yang lebih baik (Choudhury, K.S. dkk. 2005). Mereka menyimpulkan bahwa ada batas kecepatan benda kerja tertentu untuk kualitas permukaan yang lebih tinggi. Savas melakukan penelitian eksperimental tangensial *turn-milling* untuk menunjukkan efek parameter pemotongan pada kekasaran permukaan. Berdasarkan penelitian mereka didapat kualitas permukaan *turn-milling* lebih baik dari pada *turning* konvensional dan bahkan mendekati hasil yang diperoleh dengan proses *grinding* (Savas, V. dkk. 2007).

Mesin dengan efisiensi tinggi untuk material yang sulit dipotong menuntut stabilitas yang tinggi pada mesin dari sebuah sistem proses pengerjaan. Meningkatkan efisiensi mesin dan menghindari getaran merupakan persoalan yang penting. Menurut Suryadiwansa, salah satu metode untuk menurunkan temperatur pemotongan serta untuk meningkatkan produktivitas pemesinan adalah dengan menggunakan *tool* yang berputar dalam proses pemesinan *turning* (Suryadiwansa, H. dkk. 2009).

Pada proses *turn-milling*, prinsip kerja proses *turn-milling* adalah benda kerja dan *tool* dalam keadaan berputar pada saat melakukan pengerjaan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Adapun keuntungan yang dapat diambil dari operasi ini adalah sebagai berikut :

- 1) Dalam pengerjaan material keras, *turning* konvensional tidak dapat memberikan umur alat yang cukup untuk bertahan sampai akhir pengerjaan. Sebuah alat *turn-milling* dapat memotong terus, karena memiliki beberapa *insert* untuk membagi beban.
- 2) Pengurangan setengah dalam waktu yang dibutuhkan untuk menghapus volume besar material.
- 3) Dapat melakukan pengerjaan kering yang lebih baik (tanpa menggunakan cairan pendingin saat beroperasi). Dengan dapat melakukan pengerjaan kering di satu sisi, dapat menghemat biaya saat pengerjaan dan disatu sisi lain, kepedulian lingkungan saat ini memaksakan pembatasan berat pada penggunaan bahan berbahaya (seperti cairan pemotongan).
- 4) Kekasaran permukaan hasil pengerjaan lebih baik dari mesin *turning* konvensional.

Setiap permukaan dari benda kerja yang telah mengalami proses pemesinan akan mengalami kekasaran permukaan. Yang dimaksud dengan kekasaran permukaan adalah penyimpangan rata-rata aritmetik dari garis rata-rata permukaan.



Gambar 1. Prinsip Kerja *Turn-Milling* (Karagüzel, U. dkk. 2012)

Definisi ini digunakan untuk menentukan harga rata-rata dari kekasaran permukaan. Dalam dunia industri, permukaan benda kerja memiliki nilai kekasaran permukaan yang berbeda, sesuai dengan kebutuhan dari alat tersebut. Nilai kekasaran permukaan memiliki nilai kualitas (N) yang berbeda, Nilai kualitas kekasaran permukaan telah diklasifikasikan oleh ISO dimana yang paling kecil adalah N1 yang memiliki nilai kekasaran permukaan ( $R_a$ )  $0,025 \mu\text{m}$  dan yang paling tinggi N12 yang nilai kekasarannya  $50 \mu\text{m}$ . Besarnya nilai kekasaran permukaan yang terjadi dapat dihitung seperti pada persamaan [1] (Rochim, T. 2001).

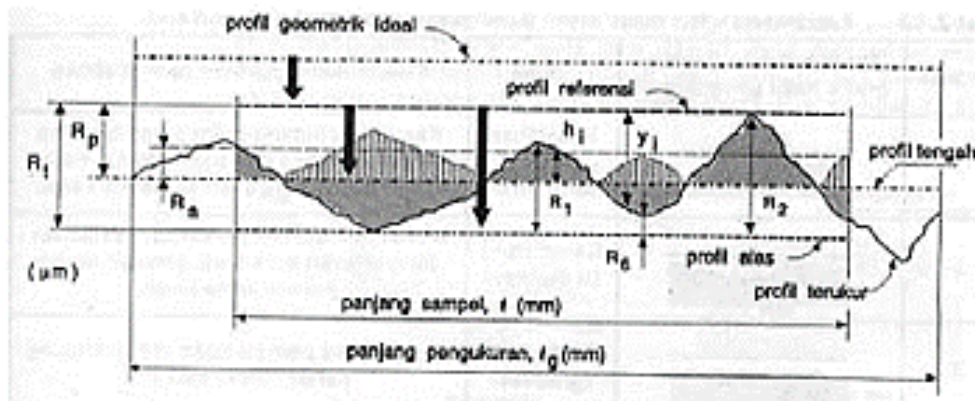
$$R_a = \frac{1}{s} \int_0^s hi^2 \cdot dx \quad (\mu\text{m}) \quad [1]$$

Keterangan:

- Ra = kekasaran permukaan ( $\mu\text{m}$ )
- s = panjang sampel yang diuji
- hi = tinggi rata-rata kekasaran

Pada Gambar 2. dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Profil geometrik ideal adalah profil permukaan ideal.
- 2) Profil terukur adalah profil permukaan terukur.
- 3) Profil referensi adalah profil yang digunakan sebagai acuan untuk menganalisa dari ketidakteraturan konfigurasi permukaan. Profil ini dapat berupa garis lurus atau garis yang bentuknya sesuai dengan profil geometrik ideal serta menyinggung puncak tertinggi dari profil terukur.
- 4) Profil alas adalah profil referensi yang digeserkan ke bawah (arah tegak lurus terhadap profil geometrik ideal) pada suatu panjang sampel hingga menyinggung titik terendah dari profil terukur.
- 5) Profil tengah adalah nama yang diberikan kepada profil referensi yang digeserkan ke bawah pada suatu panjang sampel sedemikian rupa sehingga jumlah luas daerah diatas profil tengah sampai ke profil terukur sama dengan luas daerah profil di bawah profil tengah sampai ke profil terukur.



Gambar 2. Kekasaran permukaan (Rochim, T. 2001)

### 1.1 Elemen Dasar Pemesinan

Elemen dasar pemesinan *turning* dapat diketahui atau dihitung menggunakan rumus yang diturunkan dengan kondisi pemakanan ditentukan sebagai berikut:

#### A) Kecepatan potong ( $v_c$ ) mm/menit

Kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda dan putaran poros, kecepatan potong dapat diartikan sebagai kerja rata-rata pada suatu titik lingkaran pada *tool* dalam satu menit. Kecepatan potong dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [2] (Rochim, T. 2001).

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ (mm/menit)} \quad [2]$$

Dimana,

$$d = \frac{d_o - d_m}{2} \text{ (mm)} \quad [3]$$

Keterangan:

- $n$  = Putaran poros utama / benda kerja (rpm)
- $d_o$  = Diameter mula-mula (mm)
- $d_m$  = Diameter akhir (mm)

Parameter kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan juga dipengaruhi oleh bahan dan jenis pahat (Daryus, A. 2007). Nilai kecepatan potong yang dipengaruhi oleh bahan dan jenis pahat dapat dilihat pada Tabel 1

Tabel 1. Kecepatan Potong ( $v_c$ ) (Daryus, A. 2007)

Bahan	Pahat HSS		Pahat Karbida	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Baja Perkakas	75-100	22-45	185-230	110-140
Baja karbon rendah	70-90	25-40	170-215	90-120
Baja karbon menengah	60-85	20-40	140-185	75-110
Besi cor kelabu	40-45	25-30	110-140	60-75
Kuningan	85-110	45-70	185-215	120-150
Alumunium	70-110	30-45	140-215	60-90

#### B) Gerak makan (*feeding*)

Tarmawan mengatakan bahwa pahat HSS mempunyai standar umum dengan untuk gerak makan (*feeding*) 0,05-0,15 mm/rev, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Umum *Feeding* (Tarmawan, 1999)

HSS	Karbida	Lapisan Karbida
0,005-0,15 mm/rev	0,15-0,25 mm/rev	0,2-0,35 mm/rev

#### C) Putaran benda kerja

Putaran benda kerja merupakan putaran yang dihasilkan oleh kecepatan yang dihasilkan oleh mesin. Putaran benda kerja dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [4] (Rochim, T. 2001).

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times Dc} \quad [4]$$

Keterangan :

- $v_c$  = Kecepatan potong (m/min)
- $n$  = Putaran benda kerja (rpm)
- $Dc$  = Diameter(mm)

## 2 Metode

Metode dalam penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang digunakan sebagai berikut :

### 2.1 Alat

Dalam penelitian ini beberapa alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### 1. Rotary tool

Pada proses tangensial *turn-milling* menggunakan *rotary tool* yang telah dirancang oleh Tim perancang di Laborarium Teknologi Produksi Teknik Mesin Universitas Riau seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.





Gambar 3. Rotary Tool

## 2. Surface roughness tester

Pada pengujian kekasaran permukaan yang dilakukan di Politeknik Kampar menggunakan alat *surface roughness tester* tipe Mitutoyo SJ-310 yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Surface Roughness Tester

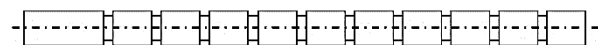
## 2.2 Bahan

Penelitian ini menggunakan benda uji dengan bahan aluminium 6061 berbentuk poros yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Aluminium 6061

Dimensi benda uji yang akan di uji berbentuk poros beralur seperti Gambar 6 yang berjumlah 10 sampel. Urutan sampel ke-1 sampai ke-10 dihitung dari sebelah kanan Gambar 6.



Gambar 6. Sketsa Benda Uji

## 2.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini berupa variabel tetap, variabel bebas dan variabel terikat. Variabel tetap atau biasa disebut variabel kontrol adalah variabel yang membuat konstan hubungan variabel bebas terhadap variabel terikat sehingga variabel terikat tidak dipengaruhi oleh faktor luar yang tidak diteliti. Variabel tetap yang

digunakan adalah kecepatan potong 70-110 m/min dan *feeding* 0,05 mm/rev.

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi atau menjadi sebab timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang digunakan adalah variasi parameter putaran benda kerja dan putaran *tool*, putaran benda kerja yang digunakan berdasarkan asumsi kecepatan potong pada Tabel 1 yakni 70, 90, dan 110 dan dikalkulasi dengan diameter benda uji 25 mm sehingga didapat putaran mesin 891 rpm untuk kecepatan potong 70 m/min, 1146 rpm untuk kecepatan potong 90 m/min dan 1401,3 rpm untuk kecepatan potong 110 m/min. Setelah itu putaran benda kerja yang didapat kemudian disesuaikan pada tabel di mesin bubut seperti Gambar 7 dengan mempertimbangkan kondisi mesin bubut yang digunakan sehingga putaran benda kerja yang digunakan pada penelitian ini adalah 400 rpm, 630 rpm dan 1000 rpm.



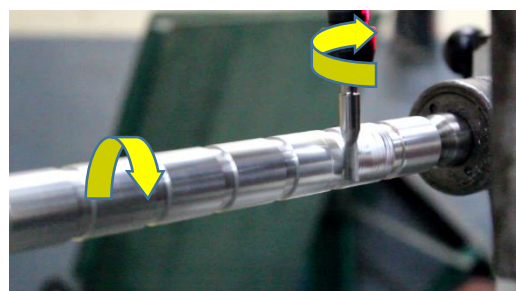
Gambar 7. Tabel Putaran pada Mesin Bubut

Sementara itu untuk putaran *tool* yang digunakan adalah 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm. Jika tidak tercapai maka putaran *tool* diganti menjadi 10000 rpm, 17500 rpm dan 25000 rpm. Hal ini dikarenakan putaran *tool* menggunakan motor pneumatik dimana tekanan angin yang tidak konstan.

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat karena adanya variabel bebas. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kekasaran permukaan.

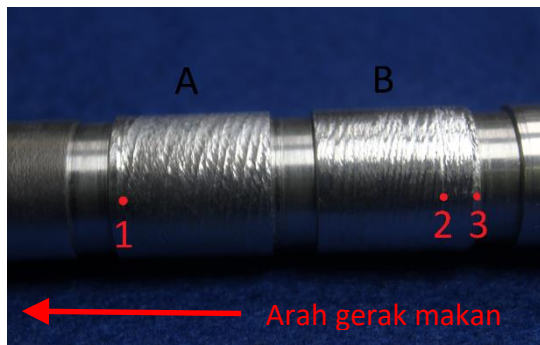
## 3. Hasil

Dalam penelitian ini, proses pengerjaan benda uji dengan material aluminium 6061 menggunakan proses tangensial *turn-milling* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8. Dalam proses tangensial *turn-milling*, sumbu *tool endmill* tegak lurus terhadap sumbu benda kerja dan perlu diperhatikan bahwa sisi samping sayat pada *endmill* harus bersinggungan dengan permukaan benda kerja.



Gambar 8. Proses Tangensial Turn-milling

Hasil dari percobaan pertama dengan putaran *tool* 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm tampak tidak berhasil seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Dalam percobaan ini *feeding* yang digunakan 0,05 mm/rev dan putaran benda 400 rpm. Pada saat proses tangensial *turn-milling* berlangsung dengan putaran *tool* 2000 rpm, *tool* yang digunakan saat pemakanan mengalami kompresibel dan berhenti berputar, hal ini dikarenakan sistem motor pneumatik tempat kedudukan *tool endmil* mengalami penurunan tekanan atau melemah ketika diberi beban yakni pemakanan dengan kedalaman pemakanan 0,25 mm. Kejadian yang sama juga dialami pada saat proses tangensial *turn-milling* dengan putaran *tool* 3000 rpm dan 4000 rpm. Pada putaran *tool* 4000 rpm *tool* hampir menyelesaikan pemakanan akan tetapi juga berhenti sebelum menyelesaikan pemakanan. Permukaan hasil dari percobaan pertama ini juga ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Percobaan Pertama Tangensial *Turn-milling*

Profil permukaan bagian A dan B menunjukkan putaran *tool* mengalami kompresibel saat pemakanan, tekanan pada *air filter regulator-lubricator* untuk menggerakkan motor pneumatik dimana sebagai kedudukan *tool* sedikit menurut akibatnya putaran *tool* yang dihasilkan juga menurun saat terjadi pemakanan. Putaran *tool* pada titik 1 adalah 4000 rpm dimana putaran *tool* berhenti berputar saat pemakanan yang tidak sampai ujung

sampel. Putaran *tool* pada titik 2 adalah 3000 rpm dimana pada titik ini saat proses pemakanan sedang berjalan, *tool* mulai berhenti sesaat akan tetapi tetap melanjutkan pemakanan sehingga profil permukaan yang dihasilkan juga tidak teratur. Sementara itu putaran *tool* di titik 3 adalah 2000 rpm dimana pada awal pemakanan putaran *tool* berhenti dan tidak bisa melanjutkan pemakanan.

Dalam percobaan pertama ini, *tool endmill* berhenti pada variasi putaran *tool* 2000 rpm, 3000 rpm dan 4000 rpm, oleh karena itu proses tangensial *turn-milling* dilanjutkan pada percobaan kedua menggunakan variasi putaran *tool* 10000 rpm, 17500 rpm dan 25000 rpm. Pada percobaan kedua ini putaran *tool* tidak berhenti dan berhasil.

Nilai rata-rata kekasaran permukaan yang didapat dari semua sampel dalam percobaan kedua ditunjukkan pada Tabel 3. Nilai rata-rata kekasaran permukaan ini dari hasil data-data pengujian kekasaran permukaan. Variabel putaran benda kerja dan putaran *tool* yang digunakan 3 kali 3 sehingga didapat sembilan sampel data hasil pengujian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Benda Uji

Pada tiap sampel hasil proses tangensial *turn-milling* nilai rata-rata kekasarannya tiap-tiap sampel dan diperoleh sembilan data rata-rata nilai kekasaran permukaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Kekasaran Permukaan

Variasi Putaran <i>Tool</i> (rpm)	Variasi Putaran Benda Kerja (rpm)		
	400	630	1000
10000	1,906	3,313	7,153
17500	2,863	4,080	3,369
25000	1,580	1,321	2,491

Nilai Kekasaran Permukaan Dalam Satuan  $\mu\text{m}$

Tabel 3. Data Kekasaran Hasil Pengujian

Proses pengerjaan	Putaran <i>tool</i> (Rpm)	Putaran benda kerja (Rpm)	Nilai kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )				
			Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata	
Bubut konvensional	-	1000	0,537	0,483	0,457	0,492	
		10000	400	1,863	1,815	2,041	1,906
			630	2,794	3,943	3,203	3,313
1000	9,780		4,756	6,923	7,153		
Tangensial <i>Turn-Milling</i>	17500	400	2,751	2,435	3,402	2,863	
		630	4,149	4,399	3,693	4,080	
		1000	2,902	4,251	2,954	3,369	
	25000	400	1,139	1,815	1,786	1,580	
		630	1,807	1,200	0,957	1,321	
		1000	2,356	2,169	2,947	2,491	

### 3.1 Nilai Rata Rata Kekasaran Permukaan Berdasarkan Kelas Kekasaran

Nilai kekasaran permukaan dari hasil proses pengerjaan bubut konvensional dengan putaran benda kerja 1000 rpm yakni  $0,492 \mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi  $0,3 \mu\text{m} - 0,6 \mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N5. Sementara itu kelas kekasaran permukaan hasil dari proses tangensial *turn-milling* ditunjukkan pada Tabel 5 berdasarkan nilai kekasaran pada Tabel 4.

Tabel 5. Kelas Kekasaran

Variasi Putaran Tool (rpm)	Variasi Putaran Benda Kerja (rpm)		
	400	630	1000
10000	N7	N8	N9
17500	N8	N8	N8
25000	N7	N7	N8

Dari Tabel 5 kelas kekasaran yang dihasilkan oleh proses tangensial *turn-milling* memiliki kelas kekasaran yang seragam yakni N8 pada putaran tool 17500 rpm dan variasi putaran benda kerja 400 rpm, 630 rpm serta 1000 rpm. Selain itu kelas kekasaran yang tidak seragam terdapat pada putaran tool 10000 rpm dan 25000 rpm dengan variasi putaran benda kerja 400 rpm, 630 rpm dan 1000 rpm. Namun pada proses tangensial *turn-milling* ini memiliki hasil kekasaran terendah dimana nilai kekasarannya yang paling rendah adalah N7 yang terdapat pada putaran tool 10000 rpm dengan putaran benda kerjanya 400 rpm dan juga terdapat pada putaran tool 25000 rpm dengan putaran benda kerjanya 400 rpm dan 630 rpm. Sedangkan nilai kekasaran yang paling tinggi adalah N9 yang terdapat pada putaran tool 10000 rpm dengan putaran benda kerjanya 1000 rpm.

Hasil permukaan kekasaran yang paling terbaik terdapat pada nilai kekasaran N8 dengan persentase 55,56 % dimana 9 (sembilan) sampel hasil dari proses pengerjaan tangensial *turn-milling* memiliki 5 (lima) kelas kekasaran yang seragam dan paling banyak diantara kelas kekasaran yang lainnya. Sedangkan untuk nilai kekasaran N7 dengan persentase 33,33 % memiliki 4 (empat) kelas kekasaran, sementara itu nilai kekasaran N9 dengan persentase 11,11 % hanya memiliki 1 (satu) kelas kekasaran. Namun kelas kekasaran yang paling optimal adalah N7 dimana permukaan yang dihasilkan lebih halus dari permukaan yang lainnya pada proses tangensial *turn-milling*.

### 3.2 Hasil Permukaan Pengujian

Dalam penelitian ini permukaan yang dihasilkan menggunakan proses tangensial *turn-milling* dan proses bubut konvensional. Hasil proses bubut konvensional hanya sebagai perbandingan dari proses tangensial *turn-milling*. Hasil proses bubut konvensional ditunjukkan pada Gambar 12.



Gambar 12. Hasil Permukaan dari Proses Bubut Konvensional

Pada proses bubut konvensional mengkasikan kekasaran permukaan yang halus dengan kelas kekasarannya N5. Bentuk permukaan yang dihasilkan tidak terlihat abstrak dan terlihat seperti hasil bubut konvensional pada umumnya yang halus. Profil permukaan yang dihasilkan dari proses bubut konvensional ini berbeda dengan profil permukaan hasil dari proses tangensial *turn-milling* yang tampak kasar seperti ditunjukkan pada Tabel 6. Profil permukaan yang dihasilkan dari proses tangensial ini hampir sama dengan profil hasil permukaan percobaan pertama, pada percobaan kedua ini profil hasil permukaan cukup berbeda dari tiap-tiap sampelnya.

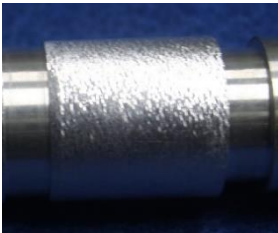
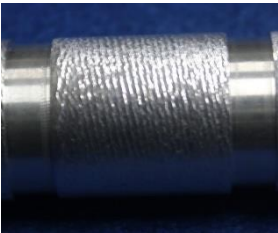
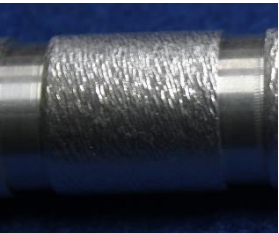
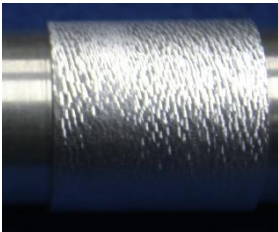
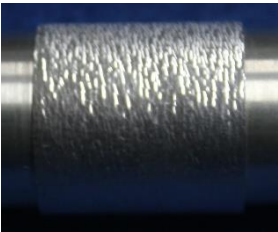
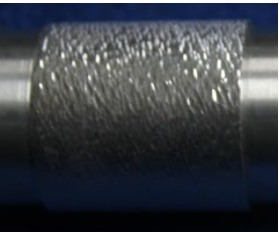

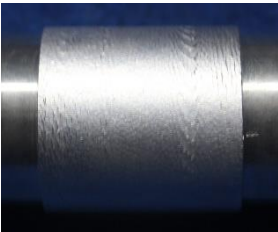

Seperti yang terlihat pada Tabel 6, tiap-tiap sampel menghasilkan profil permukaan yang berbeda-beda. Hal ini terlihat jelas dipengaruhi oleh variasi putaran tool dan putaran benda kerja.

Profil permukaan yang dihasilkan dari tiap-tiap sampel dipengaruhi beberapa faktor yang saling berkaitan, diantaranya adalah putaran tool yang menurun yang disebabkan oleh pembebanan saat pemakanan dan beberapa diantaranya disebabkan juga oleh penurunan tekanan yang mengalami kompresibel maupun kapasitas tekanan pada kompresor mulai menipis sehingga angin pada kompresor diperlukan isi ulang serta penyetulan putaran tool yang tinggi dan tentunya akan membutuhkan banyak tekanan angin dari kompresor.

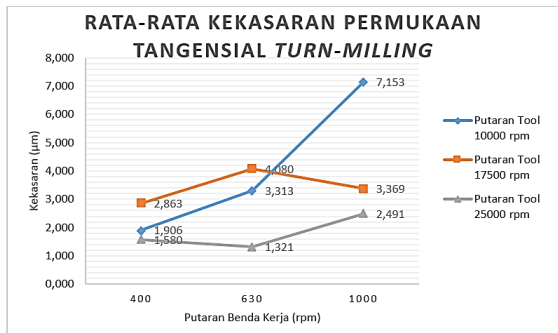
Hasil kekasaran permukaan yang diperoleh dari proses tangensial *turn-milling* dapat dimasukkan kedalam bentuk grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13. Dari Gambar 13, nilai kekasaran yang paling halus terdapat pada putaran tool 25000 rpm dengan putaran benda kerjanya 400 rpm dimana nilai kekasarannya  $1,321 \mu\text{m}$  merupakan kategori kelas kekasaran yang optimal. Dari Tabel 5 dan Gambar 13 dapat dilihat bahwa kekasaran permukaan akan tinggi dari dua diantara tiga variasi pada putaran tool jika putaran benda kerja semakin tinggi.



Tabel 6. Hasil Permukaan dari Proses Tangensial *Turn-Milling*

Variasi Putaran <i>Tool</i> (rpm)	Variasi Putaran Benda Kerja (rpm)		
	400	630	1000
10000			
17500			
25000			

Sebaliknya, kekasaran permukaan akan rendah dari dua diantara tiga variasi putaran benda kerja jika putaran *tool* semakin tinggi.

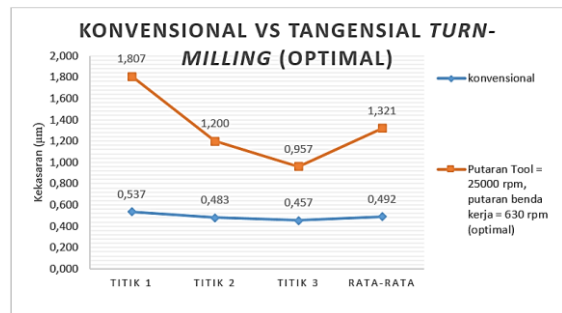


Gambar 13. Grafik Rata-Rata Kekasaran Permukaan Tangensial *Turn-Milling*

Pada Gambar 13 dapat dilihat bahwa dari ketiga variasi putaran *tool* tersebut dapat terjadi nilai kekasarannya lebih rendah jika putaran benda kerjanya  $\leq 400$  rpm pada putaran *tool* 10000 rpm, kemudian putaran benda kerjanya  $\leq 400$  rpm dan  $\geq 1000$  rpm pada putaran *tool* 17500 rpm. Sementara itu nilai kekasaran permukaan pada putaran *tool* 25000 rpm tidak bisa lebih rendah lagi yakni pada putaran benda kerjanya 630 rpm.

Hasil permukaan dari proses bubut konvensional dapat dibandingkan dengan hasil permukaan yang paling halus proses tangensial *turn-milling* dari

Gambar 13 yakni hasil permukaan dari proses tangensial *turn-milling* pada putaran *tool* 25000 rpm dengan putaran benda kerjanya 630 rpm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. Grafik Konvensional Vs Tangensial *Turn-milling* (Optimal)

Nilai kekasaran dari proses tangensial *turn-milling* masih terbilang jauh dengan nilai kekasaran dari proses bubut konvensional. Nilai kekasaran yang dihasilkan dari proses tangensial *turn-milling* lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekasaran yang dihasilkan dari proses bubut konvensional lebih rendah yakni 0,492  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N5, sedangkan nilai kekasaran dari proses tangensial *turn-milling* yang paling optimal yakni 1,321  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N7 dimana kelas kekasarannya menurut proses pengerjaannya sesuai

masuk kedalam kategori proses pengerjaan *face and cylindrical turning, milling and reaming*.

#### 4 Simpulan

Adapun simpulan yang didapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Putaran *tool* 10000 rpm, 17500 rpm, 25000 rpm dan putaran benda kerja 400 rpm, 630 rpm, 1000 rpm sangat mempengaruhi hasil kekasaran permukaan dalam kelas kekasarannya. Semakin tinggi putaran *tool* semakin rendah kekasaran permukaan. Sebaliknya, semakin tinggi putaran benda kerja semakin tinggi kekasaran permukaan.
2. Parameter yang optimal didapat pada kelas kekasaran N7 adalah putaran *tool* 25000 rpm dengan putaran benda kerjanya 630 rpm dengan nilai kekasarannya 1,321  $\mu\text{m}$  dimana nilai kekasarannya lebih baik diantara kelas kekasaran N7 lainnya.

#### 5. Saran

Adapun saran yang diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya agar dapat membahas tentang pengaruh variasi *feeding* dan kedalaman potong pada proses tangensial *turn-milling*.
2. Pada penelitian selanjutnya agar dapat membahas kekasaran permukaan dengan menggunakan putaran benda kerja dibawah 400 rpm dan diatas 1000 rpm sehingga mendapatkan nilai kekasaran yang lebih baik.
3. Dalam perancangan *rotary tool* selanjutnya lebih baik menggunakan motor listrik yang dikendalikan oleh program pada sistem penggerak *tool* sehingga putaran *tool* tidak mengalami kompresibel (putaran yang tidak konstan).

#### 6. Daftar pustaka

Choudhury, K.S. Bajpai, B.J. 2005. Investigation in Orthogonal Turn-Milling Towards Better

Surface Finish. *Journal of Materials Processing Technology*. 170: 487–493

Daryus, A. 2007. *Diktat Kuliah Proses Produksi II*. Fakultas Teknik Universitas Darma Persada. Jakarta

Karaguzel, U. Bakkal, M. Budak, E. 2012. Process Modeling of Turn-Milling Using Analytical Approach. *CIRP Intenational Journal Conference on Process Machine Interactions*. 4 (3): 131–139

Rochim, T. 1983. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung. ITB

Rochim, T. 2001. *Spesifikasi Metrologi dan kontrol kualitas Geometrik*. Bandung. ITB

Sato, T. Sugiarto, N. 1989. *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta

Savas, V. Ozay, C. 2007. Analysis of The Surface Roughness of Tangential Turn-Milling for Machining with End Milling Cutter. *Journal of Materials Processing Technology*. 186: 279–283

Shaw, M.C. Smith, P.A. Cook, N.H. 1952. The Rotary Cutting Tool. *Transaction of ASME*. 1065-1076

Suryadiwansa, H. Hibasaka, T. Moriwaki, T. 2009. Cutting Temperature Measurement in Turning with Actively Driven Rotary Tool. *Journal of Engineering Materials*. 390: 138-143

Tarmawan, 1999. *Buku Panduan Operator Machining*. Department of Training. PT. Texmaco Perkasa Engineering Kaliwungu. Kendal

Uysal, E. Karagüzel, U. Budak, E. Bakkal, M. 2014. Investigating Eccentricity Effects in Turn-Milling Operations. *CIRP International Conference on High Performance Cutting*. 14 (6): 176-181