

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

Hendro Sulistiono<sup>1</sup>, Yohanes<sup>2</sup>

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

<sup>1</sup>hendro.star@yahoo.com, <sup>2</sup>yohanes\_tmesin@yahoo.com

## Abstract

*Surface roughness is a very important factor in the production of the one turn-milling process. Turn-milling is a combined machining process of turning and milling processes with additional tools (cutting) that rotate simultaneously with the rotation of the workpiece. Turn-milling processes are classified in orthogonal turn-milling methods, co-axial turn-milling, tangential turn-milling and each feeding method has an up and down feeding position. The resulting surface quality is also affected by the parameters of the machining process in the form of workpiece rotation and feeding. The purpose of this research is to determine the effect of parameters on surface roughness and to know the optimal parameters of surface roughness by doing tangential process turn-milling position up. By varying the parameter variables, the surface roughness produced in this study is influenced by the rotation of the workpiece and feeding. The slower rotation of the workpiece then the lower the resulting surface roughness value, while the smaller feeding then the smaller the resulting surface roughness value from the tangential turn-milling process with a constant tool rotation at 25,000 rpm. The optimal parameter is the rotation of 400 rpm workpiece with 0.051 mm/rev roughness value of 1.632  $\mu\text{m}$  found on the N7 roughness.*

*Keyword: Turn-milling, Tangential turn-milling, Rotation, Feeding, Surface roughness.*

## 1. Pendahuluan

*Turn-milling* merupakan konsep manufaktur teknologi yang relatif baru. *Turn-milling* adalah proses pemesinan dimana benda kerja dengan kelengkapan *tool* yang keduanya berputar bersamaan. Secara umum proses *turn-milling* ini diklarifikasikan dalam *orthogonal turn-milling* dan *co-axial turn-milling* [1].

*Turn-milling* adalah penggabungan dari dua proses pemesinan yakni proses pemesinan *turn* dan *milling* dimana benda kerja dan *tool* yang berputar secara bersamaan untuk dapat meningkatkan hasil dari proses pemesinan. Sejak tahun 1990 penelitian tentang *turn-milling* telah dimulai oleh Schulz. dkk pada tahun 1990 [2].

Dari hasil percobaan yang dilakukan oleh Savas dengan menggunakan tangensial *turn-milling* memiliki perbedaaan dengan *orthogonal turn-milling* dan *co-axial turn-milling*. Penggunaan tangensial *turn-milling* dapat menggantikan proses *grinding* dikarenakan nilai kekasaran yang dihasilkan dari proses *turn-milling* mendekati hasil proses *grinding* sehingga akan menurunkan biaya produksi di industri. Kualitas kekasaran permukaan benda kerja yang ideal menggunakan pemakanan tangensial *turn-milling* dengan mempertimbangkan kecepatan pemotongan benda kerja dan putaran benda kerja [3].

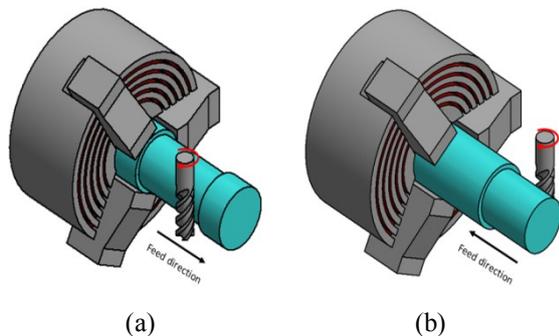
Kualitas kekasaran permukaan dari hasil pengerjaan pemesinan dipengaruhi oleh parameter pemesinan tersebut seperti dipengaruhi putaran benda kerja, *feeding*, kedalaman potong, kecepatan potong, dan lainnya [4]. Penentuan parameter pengerjaan pemesinan yang tepat berpengaruh dalam menentukan kualitas kekasaran permukaan.

Berdasarkan uraian diatas penulis bermaksud melakukan penelitian tentang proses *turn-milling* pada mesin bubut konvensional dengan penambahan *rotary tool* yang telah dirancang oleh Handika di Laboratorium Teknologi Produksi Teknik Mesin Universitas Riau [5]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi putaran benda kerja dan *feeding* dengan metode pemakanan tangensial posisi *up* pada proses *turn-milling* serta mengetahui putaran benda kerja dan *feeding* yang paling optimal terhadap kekasaran permukaan benda kerja.

Menurut Savas yang melakukan penelitian eksperimental tentang *tangential turn-milling* untuk menunjukkan efek parameter pemotongan pada kekasaran permukaan. Berdasarkan penelitian mereka didapat kualitas permukaan *turn-milling* lebih baik daripada *turning* konvensional dan bahkan mendekati yang diperoleh dengan proses *grinding* [3].

Pada proses *turn-milling* terdapat gabungan prinsip kerja dari proses pemesinan *turning* dan *milling*. Dalam proses *turn-milling* yang dilakukan pada mesin bubut tidak menutup kemungkinan terjadinya prinsip kerja pemesinan *milling* pada mesin bubut, begitu juga dengan sebaliknya. Berdasarkan prinsip kerja dari kedua pengerjaan *turning* dan *milling*, dalam proses *turn-milling* memiliki hubungan dengan *up milling* dan *down milling* pada tiap jenis-jenis pengerjaan pemakanan pengerjaan *turn-milling*.

Tangensial *turn-milling* adalah jenis lain pengerjaan *turn-milling* di mana bagian permukaan sisi samping *tool* bersinggungan dengan benda kerja yang menyebabkan terjadinya proses pemakanan. Tangensial *turn-milling* memiliki dua posisi pemakanan yakni *up* dan *down*. *Up* tangensial *turn-milling*, apabila arah gerak makan *tool* menuju *chuck* dengan posisi *tool* di depan sumbu benda kerja seperti gambar (a) pada Gambar 1. Pada kondisi lain juga dikatakan *up turn-milling* apabila arah gerak makan *tool* menjauhi *chuck* dengan posisi *tool* di belakang sumbu benda kerja seperti gambar (b) pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi Pemakanan *Down* Tangensial *Turn-Milling*

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  $50 \mu\text{m}$  [6]. Besarnya nilai kekasaran permukaan yang terjadi dapat dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

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

Definisikan beberapa parameter kekasaran permukaan, yaitu:

- 1) Kekasaran total ( $R_t$ ) merupakan jarak antara garis referensi dengan garis alas.
- 2) Kekasaran perataan ( $R_z$ ) merupakan jarak rata-rata antara garis referensi dengan garis terukur.
- 3) Kekasaran rata-rata aritmatik ( $R_a$ ) merupakan nilai rata-rata aritmatik antara garis tengah dan garis terukur.

### 1.1 Elemen Dasar Mesin

Elemen dasar mesin *turning* dapat diketahui serta dapat dihitung menggunakan turunan rumus dengan kondisi pemakanan ditentukan seperti berikut :Kecepatan potong ( $v_c$ )

Kecepatan potong ditentukan oleh diameter benda kerja dan putaran poros benda kerja, kecepatan potong dapat diartikan sebagai kerja rata-rata pada suatu titik lingkaran pada *tool* dalam satu menit. Untuk mengetahui kecepatan potong dapat menggunakan persamaan berikut ini:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d_o \cdot n}{1000} \quad \text{mm/menit}$$

Dimana,

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

Keterangan:

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

Daryus menyatakan bahwa parameter kecepatan potong terhadap kekasaran permukaan juga dipengaruhi oleh bahan dan jenis pahat [7]. Nilai kecepatan potong yang dipengaruhi oleh bahan dan jenis pahat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan Potong [7]

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
Aluminium	70-110	30-45	140-215	60-90

#### A) Gerak makan (*feeding*)

Tarmawan mengatakan bahwa pahat HSS mempunyai standar umum dengan untuk gerak makan (*feeding*)  $0,05-0,15 \text{ mm/rev}$  [8], seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Umum *Feeding* [8]

HSS	Karbida	Lapisan Karbida
$0,05-0,15 \text{ mm/rev}$	$0,15-0,25 \text{ mm/rev}$	$0,2-0,35 \text{ mm/rev}$

#### B) Putaran benda kerja ( $n$ )

Putaran benda kerja merupakan putaran yang dihasilkan oleh kecepatan yang dihasilkan oleh mesin. Putaran benda kerja dapat diketahui dengan menggunakan persamaan berikut :

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_c} \text{ rpm} \quad (2.3)$$

Keterangan :

- $v_c$  = Kecepatan potong (mm/menit)
- $n$  = Putaran benda kerja (rpm)
- $D_c$  = Diameter (mm)

## 2. Metodologi Penelitian

Pada penelitian ini digunakan beberapa tahapan sebagai berikut:

### 2.1 Alat

Dalam penelitian ini beberapa alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

#### 1) Mesin bubut konvensional

Mesin bubut digunakan untuk pembuatan bahan uji serta untuk pengerjaan proses *turn-miliing*. Tipe mesin bubut yang digunakan adalah tipe G.D.W.LZ 350 di Laboratorium Produksi Teknik Mesin Universitas Riau yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mesin Bubut Konvensional

#### 2) Rotary tool

*Rotary tool* merupakan alat yang telah dirancang oleh Tim perancang seperti pada Gambar 3. Dalam pengoperasian *rotary tool* diperlukan beberapa alat tambahan seperti *diegrinder*, *air filter regulator-lubricator* dan selang pneumatik.



Gambar 3. Rotary Tool

#### 3) Surface roughness tester

Pada pengujian kekasaran permukaan digunakan alat *surface roughness tester* tipe Mitutoyo SJ-310 seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Surface Roughness Tester

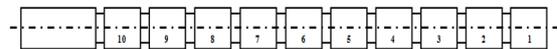
### 2.2 Bahan

Pada penelitian ini benda uji yang digunakan berbentuk poros dengan bahan aluminium 6061 seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Poros Aluminium 6061

Benda uji yang akan di uji berbentuk poros yang dibuat alur sebagai batas antar sampel yang berjumlah 10 sampel dengan dimensi panjang 25 mm dan diameter 25 mm seperti ditunjukkan pada 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 bebas atau pada umumnya disebut variabel kontrol yang membuat hubungan konstan variabel bebas terhadap variabel terikat sehingga pada variabel terikat tidak dapat dipengaruhi oleh faktor lain yang tidak diteliti. Pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah kecepatan potong 70-110 m/min dan putaran maksimal *tool* 25.000 rpm.

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi adanya variabel terikat, pada penelitian ini variabel bebas yang digunakan adalah variasi parameter yakni putaran benda kerja dan *feeding*. Untuk putaran benda kerja yang digunakan diasumsikan berdasarkan dari Tabel 1 yakni 70 m/min, 90 m/min, dan 110 m/min yang kemudian dikalkulasikan dengan benda uji yang berdiameter 25 mm sehingga diperoleh putaran mesin untuk kecepatan potong 70 m/min adalah 891,7 rpm, untuk kecepatan potong 90 m/min adalah 1.146,5 rpm, dan untuk kecepatan potong 110 m/min adalah 1.401,3 rpm. Putaran mesin yang didapat selanjutnya disesuaikan pada Tabel mesin bubut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 dengan mempertimbangkan kondisi mesin bubut yang digunakan maka diperoleh putaran mesin yang digunakan adalah 400 rpm, 630 rpm dan 1.000 rpm



Gambar 7. Tabel Putaran Mesin pada Mesin Bubut

Sementara untuk *feeding* yang digunakan berdasarkan asumsi dari Tabel 2 yaitu 0,05-0,15 mm/rev kemudian disesuaikan dengan mempertimbangkan kondisi mesin bubut seperti pada Gambar 8 sehingga *feeding* yang digunakan pada penelitian ini adalah 0,051 mm/rev, 0,060 mm/rev dan 0,069 mm/rev.

mm/rev	Tool	Material	Material
0.017	K1E	0.086	K2D
0.021	H1E	0.096	I1C
0.024	I1E	0.103	H2D
0.027	G1E	0.110	G1C
0.034	H1E	0.120	I2D
0.043	K2E	0.137	G2D
0.048	H1E	0.164	H1B
0.051	H2E	0.171	K2C
0.051	H2E	0.192	I1B
0.055	G1D	0.206	H2C
0.060	I2E	0.219	G1B
0.069	G2E	0.240	I2C
0.082	H1C	0.274	K1A

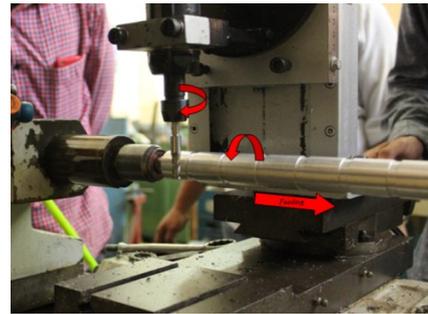
Gambar 8. Tabel Feeding pada Mesin Bubut

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi karena adanya variabel bebas. Pada penelitian ini yang menjadi variabel terikat adalah kekasaran permukaan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, benda uji yang digunakan dengan material aluminium 6061 menggunakan pengerjaan tangensial *turn-milling* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dalam pengerjaan *turn-milling* dengan metode pemakanan tangensial posisi *up*, sumbu *tool endmill* tegak lurus terhadap sumbu benda uji dan sisi samping pada *endmill*

harus bersinggungan dengan permukaan benda uji agar terjadinya proses pemakanan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Proses Tangensial *Turn-milling* Posisi *Up*

Dari prosedur pengujian menggunakan proses *turn-milling* dengan metode pemakanan tangensial posisi *up*, sehingga didapatkan sembilan sampel dari sampel ke-2 sampai sampel ke-10 pada benda uji sedangkan untuk sampel ke-1 menggunakan bubut konvensional seperti yang di tunjukkan pada Gambar 10. Variasi putaran benda kerja dan *feeding* yang digunakan 3 kali 3 sehingga didapat sembilan sampel hasil pengerjaan *turn-milling* dengan metode pemakanan tangensial posisi *up*, kemudian dilakukan pengujian kekasaran permukaan.



Gambar 10. Sampel Hasil Proses *Turn-Milling* dengan Metode Pemakanan Tangensial Posisi *Up*

Pengujian kekasaran permukaan pada setiap sampel hasil pengerjaan *turn-milling* dengan metode pemakanan tangensial posisi *up* dilakukan tiga kali pengujian kekasaran permukaan pada tiga titik yang berbeda sehingga diperoleh 27 data kekasaran permukaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Kekasaran Permukaan Hasil Pengujian

Proses Pengerjaan	Putaran Benda Kerja (Rpm)	Feeding (mm/rev)	Nilai Kekasaran Ra ( $\mu\text{m}$ )			
			Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata
Bubut Konvensional	1.000	0,15	0,616	0,677	0,73	0,674
		0,051	2,111	1,563	1,222	1,632
	400	0,06	2,211	2,475	2,451	2,379
		0,069	3,112	3,085	3,176	3,124
Tangensial <i>Turn-Milling</i>	630	0,051	2,388	2,978	2,811	2,726
		0,06	2,757	2,447	2,665	2,623
		0,069	2,255	2,228	2,229	2,237
	1.000	0,051	2,123	3,244	3,111	2,826
		0,06	2,57	4,065	2,32	2,985
		0,069	2,464	3,319	3,484	3,089

Setiap sampel kemudian diambil nilai rata-rata kekasarnya dan diperoleh sembilan data rata-rata nilai kekasaran permukaan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-Rata Kekasaran Permukaan Hasil Proses Tangensial *Turn-Milling*

Variasi Putaran Benda Kerja (rpm)	Variasi Feeding (mm/rev)		
	0,051	0,06	0,069
400	1,632	2,379	3,124
630	2,726	2,623	2,237
1.000	2,826	2,985	3,089

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

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

Nilai rata-rata kekasaran permukaan dari hasil proses bubut konvensional dengan putaran benda kerja 1.000 rpm dan *feeding* 0,15 mm/rev yakni 0,674  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 0,3  $\mu\text{m}$  – 0,6  $\mu\text{m}$  dengan nilai kekasaran N5.

Pada variasi putaran benda kerja 400 rpm didapatkan kelas kekasaran hasil *turn-milling* dengan metode tangensial posisi *up* sebagai berikut:

- 1) *Feeding* 0,051 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 1,632  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 1,2  $\mu\text{m}$  – 2,4  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N7.
- 2) *Feeding* 0,060 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 2,379  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 1,2  $\mu\text{m}$  – 2,4  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N7.
- 3) *Feeding* 0,069 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 3,124  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 2,4  $\mu\text{m}$  – 4,8  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N8.

Pada variasi putaran benda kerja 630 rpm didapatkan kelas kekasaran hasil *turn-milling* dengan metode tangensial posisi *up* sebagai berikut:

- 1) *Feeding* 0,051 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 2,726  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 2,4  $\mu\text{m}$  – 4,8  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N8.
- 2) *Feeding* 0,060 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 2,623  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 2,4  $\mu\text{m}$  – 4,8  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N8.
- 3) *Feeding* 0,069 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 2,237  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 1,2  $\mu\text{m}$  – 2,4  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N7.

Pada variasi putaran benda kerja 1.000 rpm didapatkan kelas kekasaran hasil *turn-milling* dengan metode tangensial posisi *up* sebagai berikut:

- 1) *Feeding* 0,051 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 2,826  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 2,4  $\mu\text{m}$  – 4,8  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N8.
- 2) *Feeding* 0,060 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 2,985  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 2,4  $\mu\text{m}$  – 4,8  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N8.
- 3) *Feeding* 0,069 mm/rev dengan nilai rata-rata kekasaran 3,089  $\mu\text{m}$  masuk kedalam toleransi 2,4  $\mu\text{m}$  – 4,8  $\mu\text{m}$  dengan kelas kekasaran N8.

Nilai rata-rata kekasaran permukaan hasil proses tangensial *turn-milling* berdasarkan kelas kekasaran seperti yang diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Kelas Kekasaran Hasil Proses Tangensial *Turn Milling*

Variasi Putaran Benda Kerja (rpm)	Variasi Feeding (mm/rev)		
	0,051	0,06	0,069
400	N7	N7	N8
630	N8	N8	N7
1.000	N8	N8	N8

Berdasarkan kelas kekasaran yang ditunjukkan pada Tabel 5 hasil dari proses metode pemakanan tangensial *turn-milling* posisi *up* memiliki keseragaman kelas kekasaran N8 pada putaran benda kerja 1.000 rpm dan variasi *tool feeding* 0,051 mm/rev, 0,060 mm/rev serta 0,069 mm/rev. Sedangkan kelas kekasaran yang tidak seragam terdapat pada putaran benda kerja 400 rpm dan 630 rpm dengan *tool feeding* 0,051 mm/rev, 0,060 mm/rev serta 0,069 mm/rev. Namun hasil kekasaran terendah pada proses pemakanan tangensial *turn-milling* posisi *up* dengan kelas kekasarannya yang paling halus adalah N7 yang terdapat pada putaran benda kerja 400 rpm dengan *tool feeding* 0,051 mm/rev dan 0,060 mm/rev serta terdapat pada putaran benda kerja 630 rpm dengan *tool feeding* 0,069 mm/rev.

### 3.2 Hasil Permukaan Pengujian

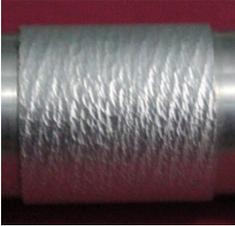
Pada penelitian ini permukaan yang dihasilkan menggunakan proses bubut konvensional dan proses tangensial *turn-milling*. Hasil proses bubut konvensional hanya sebagai perbandingan dari proses tangensial *turn-milling* posisi *up*. Proses bubut konvensional menghasilkan kekasaran permukaan yang halus dengan nilai kekasaran permukaan 0,674  $\mu\text{m}$  dan kelas kekasarannya N5 seperti ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil Permukaan dari Proses Pembubutan Konvensional

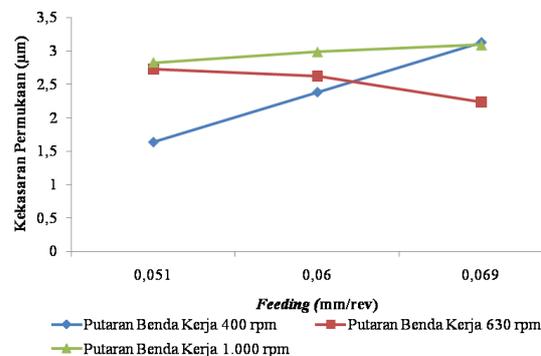
Pada Gambar 11, bentuk profil permukaan yang dihasilkan terlihat seperti hasil bubut konvensional pada umumnya yang halus. Dari profil permukaan yang dihasilkan dari proses bubut konvensional ini berbeda dengan profil permukaan hasil dari proses tangensial *turn-milling* posisi *up*, tiap-tiap sampel dari proses tangensial *turn-milling* menghasilkan profil permukaan yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Profil Permukaan Hasil Proses Tangensial *Turn-milling* Posisi *Up*

Variasi Putaran <i>Tool</i> (rpm)	Variasi <i>Feeding</i> (mm/rev)		
	0,051	0,060	0,069
400			
630			
1000			

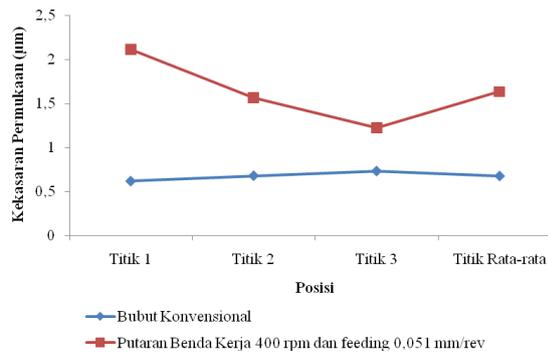
Dari hasil proses tangensial *turn-milling* posisi *up*, profil permukaan pada tiap-tiap sampel dipengaruhi oleh beberapa faktor yang saling berkaitan, diantaranya adalah terjadinya penurunan putaran *tool* yang disebabkan kompresibel dari motor penggerak *tool* oleh pembebanan saat pemakanan berlangsung. Selain itu disebabkan oleh meningkatnya tekanan angin pada kompresor ketikan melakukan pengisian ulang angin.

Berdasarkan hasil rata-rata kekasaran permukaan yang diperoleh dari hasil proses tangensial *turn-milling* posisi *up* dapat dimasukkan kedalam bentuk grafik seperti pada Gambar 12. Nilai kekasaran yang paling halus terdapat pada putaran benda kerja 400 rpm dengan *feeding* 0,051 mm/rev dimana nilai kekasarannya 1,632  $\mu\text{m}$  merupakan kategori kelas kekasaran yang optimal untuk proses tangensial *turn-milling* posisi *up*. Pada Gambar 12 dapat dilihat bahwa kekasaran permukaan akan kasar dari dua diantara tiga variasi pada putaran benda kerja jika *feeding* tinggi dan sebaliknya kekasaran permukaan akan halus dari dua diantara tiga variasi *feeding* jika putaran benda kerja semakin rendah.



Gambar 12. Grafik Rata-Rata Kekasaran Permukaan Proses Tangensial *Turn-Milling* Posisi *Up*

Dari Gambar 12 dapat dilihat bahwa dari ketiga variasi *feeding* tersebut dapat terjadi nilai kekasarannya lebih rendah jika *feeding* 0,069 mm/rev pada putaran benda kerja  $\leq 630$  rpm. Sementara itu nilai kekasaran permukaan pada *feeding* 0,060 mm/rev tidak bisa lebih rendah lagi yakni pada putaran benda kerjanya 400 rpm.



Gambar 13. Grafik Konvensional Vs Tangensial Turn-milling (Optimal)

Dari grafik seperti pada Gambar 13, hasil permukaan dari proses bubut konvensional dapat dibandingkan dengan hasil permukaan yang optimal atau paling halus dari proses tangensial *turn-milling* posisi *up* pada variasi *feeding* 0,051 mm/rev dengan putaran benda kerjanya 400 rpm. Nilai kekasaran dari hasil proses tangensial *turn-milling* posisi *up* jauh diatas nilai kekasaran dari hasil proses bubut konvensional. Nilai kekasaran yang dihasilkan dari proses tangensial *turn-milling* posisi *up* yakni 1,632 µm dengan kelas kekasaran N7 lebih tinggi dibandingkan dengan nilai kekasaran yang dihasilkan dari proses bubut konvensional lebih rendah yakni 0,674 µm dengan kelas kekasaran N5. Meskipun kelas kekasaran hasil dari proses tangensial *turn-milling* lebih tinggi, namun masuk kedalam kategori proses pengerjaan *face and cylindrical turning, milling and reaming* sesuai tingkat rata-rata kekasaran permukaan menurut proses pengerjaannya.

#### 4. Simpulan

Adapun simpulan yang didapat dalam penelitian ini adalah:

- 1) Pada putaran *tool* 25.000 rpm dengan variasi putaran benda kerja 400 rpm, 630 rpm, 1000 rpm dan *tool feeding* 0,051 mm/rev, 0,060 mm/rev, 0,069 mm/rev sangat mempengaruhi hasil kekasaran permukaan dalam kelas kekasarannya dari hasil proses *turn-milling* menggunakan metode tangensial posisi *up*.
- 2) Semakin rendah putaran benda kerja dengan putaran *tool* konstan pada 25.000 rpm maka semakin rendah kekasaran permukaan yang dihasilkan, sedangkan semakin kecil *feeding* maka semakin kecil kekasaran permukaan yang dihasilkan dari proses tangensial *turn-milling* dengan putaran *tool* konstan pada putaran 25.000 rpm.
- 3) Parameter tangensial *turn-milling* posisi *up* yang optimal didapat pada putaran benda kerja 400 rpm dan *feeding* 0,051 mm/rev dengan nilai

kekasaran 1,632 µm yang masuk kedalam dimana nilai kekasarannya lebih baik diantara kelas kekasaran N7 lainnya.

#### Daftar Pustaka

- [1] Shaw, M.C. Smith, P.A. Cook, N.H. 1952. The Rotary Cutting Tool. *Transaction of ASME*. 1065-1076.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] Rochim, T. 1983. *Teori dan Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung. ITB.
- [5] Handika, R. 2017. Pengembangan Turn-milling Pada Mesin Bubut Konvensional. *Skripsi*. Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru.
- [6] Rochim, T. 2001. *Spesifikasi Metrologi dan kontrol kualitas Geometrik*. Bandung. ITB.
- [7] Daryus, A. 2007. *Diktat Kuliah Proses Produksi II*. Fakultas Teknik Universitas Darma Persada. Jakarta.
- [8] Tarmawan, 1999. *Buku Panduan Operator Machining*. Department of Training. PT. Texmaco Perkasa Engineering Kaliwungu. Kendal.