

MODIFIKASI TURN-MILLING DENGAN MOTOR SERVO SEBAGAI PENGGERAK ROTARY TOOLS

Pepi Setya Bakti^[1], Yohanes^[2]

Laboratorium Produksi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Riau

^[1]pepi.setya@student.unri.ac.id, ^[2] yohanes@lecturer.unri.ac.id

Abstract

Turn-milling is a machining method with a system of merging turning and milling operations, where work-pieces and cutting tool perform rotary motion synchronously to optimize the disposal process of chip materials. Development of turn-milling can be done on the lathe and milling conventional machining. The purpose of this study is to modify a conventional lathe with a stationary cutting tool and use a single cutting edge into a rotary tool using 4 (four) cutting sides (multy point cutting). In the manufacture and installation of rotary tool on conventional lathes, tools are made portable and can work on tangential, orthogonal and co-axial turn-milling systems. For the orthogonal and co-axial operating system of the turn-milling are divided into up and down operating systems. In this research the phenomenon of material disposal process of the work-piece surface was investigated. In the process of turn-milling test, the chip was removed automatically as the turn of the cutting edge of the endmill cutting tool. By using a servo motor as one of the rotating tools, it is expected that it will be able to perform the feed without any rotation of the force on the tools.

Keywords : Conventional lathe, Rotary tool, Turn-milling.

1. Pendahuluan

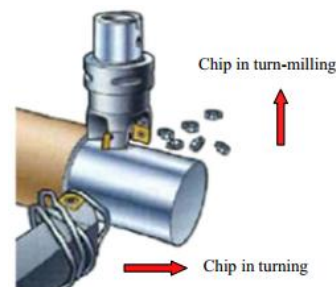
Pengerjaan bubut konvensional selama ini dapat dilakukan pada material baja karbon rendah hingga baja karbon sedang, dengan proses pengerjaan menggunakan satu sisi pisau potong (*single point cutting*) dan penggunaan cairan pendingin untuk mengurangi peningkatan temperatur dan ketahanan umur pada pahat potong saat proses pembubutan. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah memodifikasi mesin bubut konvensional dengan pisau potong yang diam (stasioner) dan menggunakan satu sisi pemotongan (*single point cutting*) menjadi pisau potong berputar (*rotary tool*) yang menggunakan 4 (empat) sisi pemotongan (*multy point cutting*).

Temperatur pemotongan dan gaya pemotongan adalah dua parameter yang sering berpengaruh terhadap kualitas akhir dan umur alat pada mesin (Chen, 1992). Menurut studi yang dilakukannya telah diamati bahwa gerakan *rotary tool* akan menghasilkan panas di daerah yang terjadi kontak langsung antara benda kerja dan pemotong sehingga akan terjadi panas. Dengan *rotary tool* akan terjadi perpindahan kontak potongan sehingga hasil panas dari daerah pemotongan akan terjadi pengurangan temperatur (Savas dan Ozay, 2007).

Penelitian yang dilakukan Handika, R. (2017) penggerak *rotary tools* menggunakan sistem pneumatik yang merupakan sistem kompresible, sehingga mengalami penurunan putaran pisau potong pada saat proses pembuangan material dan mempengaruhi hasil kekasaran permukaan. Untuk memahami mekanisme *turn-milling*, pertama-tama perhatikan pembentukan *chip* yang terjadi. Tidak seperti metode *turning* konvensional, dalam *turn-milling* pembuangan *chip* didapatkan dengan

gabungan dari 2 (dua) putaran yaitu pahat potong dan benda kerja. Hasilnya, terdapat pemakanan melingkar dan pemakanan *axial*. (Yan dkk, 2015).

Turn-milling memiliki beberapa kelebihan diantaranya memiliki gerak putar benda kerja dan pisau potong, kecepatan pemotongan yang tinggi dapat dicapai, kualitas permukaan yang tinggi dapat dicapai, mengurangi temperatur pengerjaan, dan mengurangi kahausan pahat. (Karaguzel dkk, 2012). Setiap waktu pengerjaan *turn-miling* sisi pisau potong saling bersentuhan dengan benda kerja, sehingga setiap sisi memiliki waktu pendinginan yang cukup dan sebagian panasnya dipindahkan ke *chip* sehingga menghasilkan temperatur benda kerja yang rendah, sementara itu tingkat pembuangan *chip* yang baik dan pelepasan *chip* otomatis bisa dicapai karena *chip* yang dihasilkan pada *turn-milling* berukuran pendek seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Fenomena *chip* pada *turn-milling* (Zhu, L. dkk. 2015).

2. Metodologi

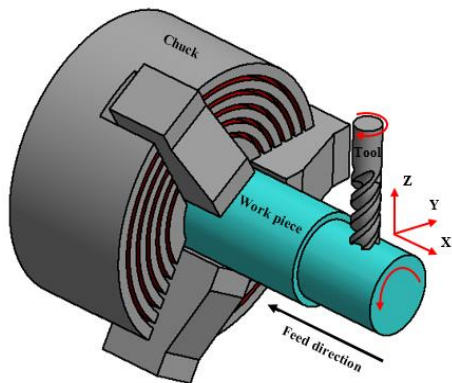
Metode penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

2.1 Jenis pengerjaan *turn-milling*

Terdapat tiga jenis pengerjaan *turn-milling* diantaranya :

1) *Orthogonal turn-milling*

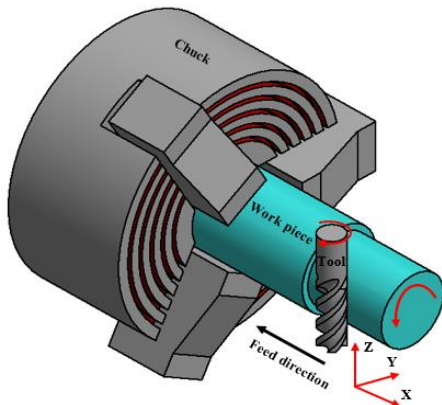
Pada *orthogonal turn-milling*, sumbu putaran pisau potong tegak lurus terhadap sumbu putaran benda kerja. *Chip* dibentuk oleh gigi bagian bawah dan sisi luar pisau potong (seukuran kedalaman pemakanan). Prinsip kerja *orthogonal turn-milling* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Prinsip kerja *orthogonal turn-milling* (Handika, R. 2017)

2) *Tangential turn-milling*

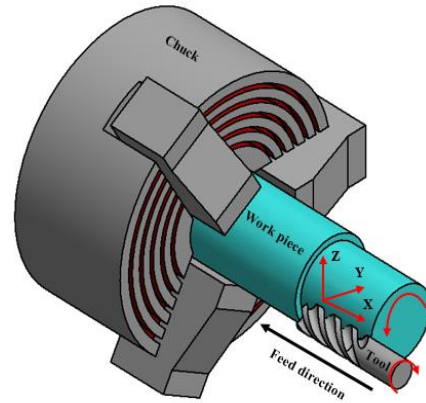
Tangential turn-milling adalah jenis lain dari operasi *turn-milling* dimana pisau potong bersinggungan dengan benda kerja. Akibatnya, tidak seperti dalam kasus *orthogonal turn-milling*, dalam hal ini *chip* dibentuk hanya oleh sisi pisau potong seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Prinsip kerja *tangential turn-milling* (Handika, R. 2017)

3) *Co-axial turn-milling*

Pada pengujian *co-axial turn-milling* sumbu pisau potong sejajar dengan benda kerja, saat pembuangan material berupa *chip* pisau potong bersinggungan dengan benda kerja dalam hal ini *chip* dibentuk oleh gigi bagian bawah (seukuran kedalaman pemakanan) dan sisi luar pisau potong. Prinsip kerja *co-axial turn-milling* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Prinsip kerja *co-axial turn-milling* (Handika, R. 2017)

2.2 Motor servo

Motor servo adalah sebuah perangkat motor yang dirancang dengan sistem kontrol umpan balik loop tertutup (servo), sehingga dapat di atur untuk menentukan dan memastikan poros output motor terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Motor Servo

Pada pengujian sebelumnya penggerak *rotary tools* menggunakan *pneumatic* sehingga ada penurunan putaran *tools* pada saat diberi gaya potong dan berpengaruh pada hasil permukaan dari benda kerja, sehingga penggunaan motor listrik sangat disarankan. Dalam pemilihan torsi dan daya motor perancang harus mengetahui jenis *work piece* yang akan dibubut. Banyak parameter yang harus dipertimbangkan dalam menentukan gaya potong pada material, pada penelitian ini dan sebelumnya jenis *work piece* yang digunakan adalah alumunium. Studi *experimental* yang dilakukan Zainal Arifin dkk. (2013) gaya pemotongan pada proses bubut pahat HSS menggunakan alat *dynamometer* dan kedalaman potong 0,5 mm, gaya pemotongan pada material alumunium membutuhkan gaya potong sebesar 250 N. Sehingga untuk membubut material alumunium membutuhkan torsi dan daya dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

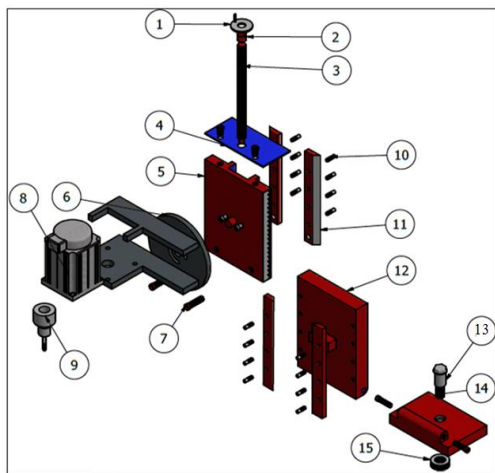
$$T = F \times r \quad (1)$$

$$P = T \times \omega \quad (2)$$

$$\omega = \frac{2 \pi n}{60} \quad (3)$$

2.3 Konsep modifikasi *turn-milling*

Modifikasi *turn-milling* pada mesin bubut konvensional dilakukan di Laboratorium Teknologi Produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Riau. Untuk dapat melakukan pengerjaan *turn-milling* pada mesin bubut konvensional dilakukan pembuatan *rotary tool* untuk dipasangkan pada mesin bubut konvensional. Komponen-komponen alat *rotary tool* yang dipasangkan pada mesin bubut konvensional dapat dilihat pada Gambar 6.

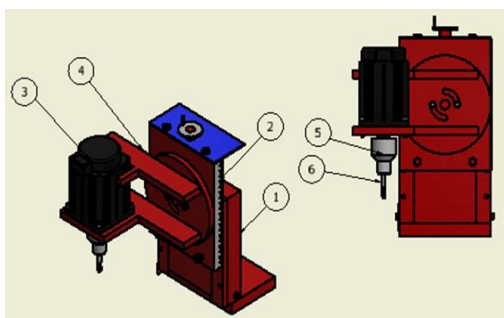


Gambar 6. Komponen *Rotary tool*

Keterangan :

- 1) Tuas penggerak
- 2) *Bushing*
- 3) Poros ulir
- 4) Plat penyangga
- 5) Eretan part II
- 6) Dudukan pengaturan jenis pengerjaan
- 7) Baut L 12
- 8) Motor servo
- 9) *Collet*
- 10) Baut L 8
- 11) Landasan
- 12) Eretan part I
- 13) Baut *tool holder*
- 14) *Tool holder*
- 15) Bantalan

Assembly dari komponen-komponen *rotary tool* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Assembly *rotary tool*

Keterangan :

- 1) *Told holder*
- 2) Eretan
- 3) Motor servo
- 4) Dudukan pengaturan jenis pengerjaan
- 5) *Collet*
- 6) *Tools*

Pada pengembangan *turn-milling* motor penggerak yang digunakan adalah motor servo dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Motor Servo

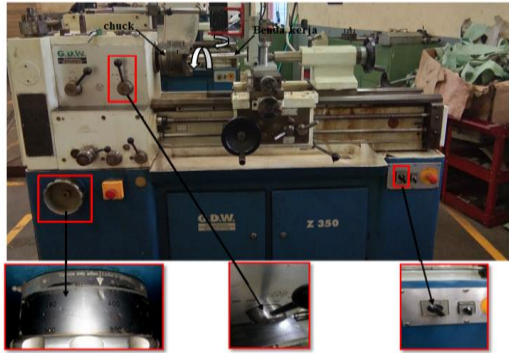
Spesifikasi	Ukuran
Rate speed	2.500 (rpm)
Rate power	1 kW
Rate voltage	220 V
Rate moment	4 N.M
Panjang	120 mm
Lebar	80 mm
Tipe	Servo motor

Pada pengujian *turn-milling* diperlukan alat ukur digital tachometer. Digital *tachometer* yang digunakan adalah *digital tachometer* DT.2234C dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada Tabel 2. Digital tachometer berfungsi untuk mengetahui nilai putaran pahat potong.

Tabel 2. Spesifikasi *digital tachometer* DT.2234C

Spesification	Dimension
Testing Range	5 to 99999 rpm (r/min)
Resolution	0.1 rpm (2.5 TO 9 rpm)
Accuracy	± 0.05%
Sampling Time	0.8 sec (over 60 rpm)
Operation Temperature	0°C to 50°C
Detecting Distance	2 to 20 inch.
Testing Parameters	rpm, m/min, ft/min

Adapun modifikasi dari *turn-milling* pada mesin bubut konvensional dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Modifikasi turn-milling

Spesifikasi mesin bubut konvensional yang digunakan adalah mesin bubut series G.D.W.LZ 350 dengan spesifikasi yang dapat dilihat Tabel 3.

Tabel 3. Spesifikasi mesin bubut konvensional

Spesification	Dimension
Lenght x width x height	1950 x 890 x 1300 mm
Weight	approx. 800 kg
Speed range	45-2000 r/min
Max. Turning lenght	750 mm
Automatic longitudinal	0,017 – 1,096 mm/rev
Motor power	2,4 kW

3. Hasil

Parameter yang digunakan untuk pengujian turn-milling pada mesin bubut konvensional dapat dilihat pada Tabel 4 pengujian dilakukan dengan pengerjaan *up* dan *down* pada setiap pengerjaan *orthogonal*, *tangential* dan *co-axial*.

Tabel 4. Parameter Pengujian Turn-Milling

Operating systems turn-milling	Workpiece radius (mm)	Tool radius (mm)	Number of workpiece revolution (rpm)	Number of tool revolutions (rpm)	Number of teeth	Actual Axial Cutting Depth (mm)	Axial Feed Rate per Revolution (mm/rev)
Orthogonal turn-milling	12,7	3	400	2.500	4	0,5	0,051
Tangential turn-milling	12,7	3	400	2.500	4	0,5	0,051
Co-axial turn-milling	12,7	3	400	2.500	4	0,5	0,051

3.1 Orthogonal turn-milling

Selama proses pembuangan material sepanjang 25 mm berlangsung, tidak terjadi penurunan putaran baik proses *up orthogonal turn-milling* maupun *down orthogonal turn-milling* hingga akhir pengujian.

Pada pengujian *down orthogonal turn-milling* terdapat banyak pori-pori atau rongga kecil pada permukaan benda kerja hal ini diakibatkan karena pada proses *down orthogonal turn-milling* kecepatan relatif pemakanan yang rendah dan pada proses *down milling chip length* yang dihasilkan berbeda cenderung lebih pendek dan tebal.

3.2 Tangential turn-milling

Selama proses pembuangan material sepanjang 25 mm berlangsung, tidak terjadi penurunan putaran baik proses *up tangential turn-milling* maupun *down tangential turn-milling* hingga akhir pengujian.

Pada pengujian *up tangential turn-milling* terdapat space dan pori pori atau rongga kecil pada ujung permukaan spesimen dikarenakan kecepatan feeding yg tidak konstan serta kondisi dari bentuk sisi samping pahat end mill.

Hasil pengujian *down tangential turn-milling* hasil pengujian *down tangential turn-milling* lebih banyak memiliki pori-pori atau rongga pada benda kerja. Hal ini disebabkan pada proses *down orthogonal turn-milling* kecepatan relatif pemakanan yang rendah dan pada proses *down milling chiplength* yang dihasilkan berbeda cenderung lebih pendek dan tebal serta prinsip kerja dari pengujian *down tangential turn-milling* dimana pahat potong akan menekan benda kerja dan akan menarik hasil pembungan benda kerja yang berupa *chip*. Sementara itu pada *up tangential turn-milling* proses pengerjaan dalam penghasilan *chip* dilakukan dengan sistem pengangkatan untuk pembuangan material benda kerja yang berupa *chip* dengan sistem pengangkatan untuk pembuangan material benda kerja yang berupa *chip*.

3.3 Co-axial turn-milling

Selama proses pembuangan material berlangsung, tidak terjadi penurunan putaran baik proses *up co-axial turn-milling* maupun *down co-axial turn-milling* hingga akhir pengujian.

Pada pengujian *up co-axial turn-milling* bentuk pola permukaan yang dihasilkan terlihat berbeda dari pengujian *orthogonal* dan *tangential*. Pola-pola ini terbentuk karena kondisi bentuk dari pahat *end mill* tersebut dan juga posisi pemakanan yang sumbu pahat potong sejajar dengan benda kerja.

Hasil pengujian *down co-axial turn-milling* lebih banyak memiliki garis-garis kasar pada benda kerja dibandingkan dengan *up co-axial turn-milling*. Hal ini disebabkan pada proses *down co-axial turn-milling* kecepatan relatif pemakanan yang rendah dan pada proses *down milling chip length* yang dihasilkan berbeda cenderung lebih pendek dan tebal serta prinsip kerja dari pengujian *down co-axial turn-milling* dimana pahat potong akan menekan benda kerja dan akan menarik hasil pembungan benda kerja yang berupa *chip*. Sementara itu pada *up co-axial turn-milling* proses pengerjaan dalam penghasilan *chip* dilakukan dengan dengan sistem pengangkatan untuk pembuangan material benda kerja yang berupa *chip*.

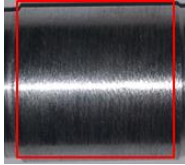
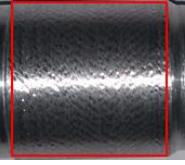
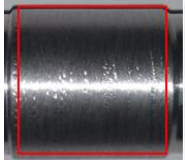
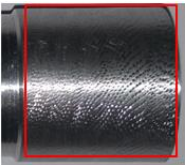
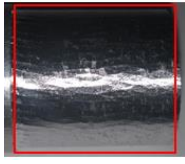
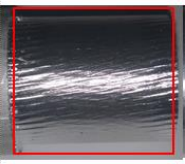
Adapun spesifikasi pahat potong *milling* yang digunakan pada pengujian *turn-milling* dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Spesifikasi Pahat *Milling*

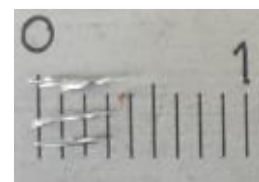
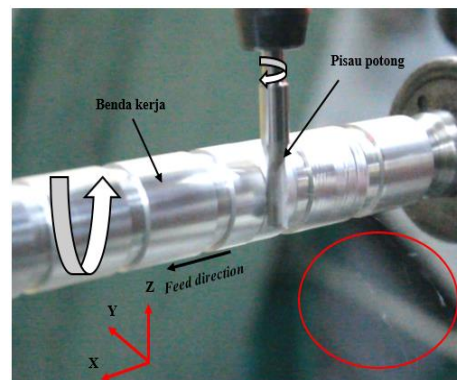
Spesification	Dimension
Diameter (mm)	6
Number of flutes	4
Helix angle (°)	20
Flute lenght (mm)	19
Cutter overhang (mm)	57
Cutter material	HSS

Pengujian *turn-milling* dilakukan dengan pengujian *up* dan *down* setiap jenis pengerjaan *orthogonal*, *tangential* dan *co-axial*. Hasil pengujian *turn-milling* dapat dilihat pada tabel 6.

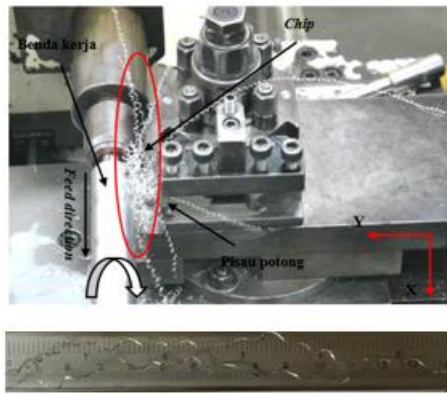
Tabel 6. Hasil Pengujian Turn-Milling

Jenis pengerjaan milling	Hasil pengujian turn-milling	
	Up	Down
Orthogonal turn-milling		
Tangential turn-milling		
Co-axial turn-milling		

Untuk *chip* yang dihasilkan pada pengujian *turn-milling* dan bubut konvensional dengan parameter pengujian yang sama yaitu jari-jari benda kerja 12,7 mm, nilai putaran benda kerja dalam satu putaran 400 rpm, nilai kedalaman pemotongan aktual (axial) 0,5 mm, laju pemakanan per putaran 0,051 mm/rev terlihat pada Gambar 9.



(a)



(b)

Gambar 9. (a) *Chip* hasil *turn-milling* (b) *Chip* hasil bubut konvensional

Selama proses pembuangan material benda kerja berlangsung pada pengerjaan *turn-milling* pelepasan *chip* otomatis bisa dicapai karena rata-rata panjang *chip* yang dihasilkan berukuran ± 4 mm sehingga *chip* tidak menempel pada benda kerja yang dapat dilihat pada Gambar 9 (a). Pada pengerjaan bubut konvensional panjang rata-rata *chip* yang dihasilkan berukuran ± 15 cm dan cenderung bergulung menyerupai bentuk pegas.

Pada pengerjaan bubut konvensional, *chip* menempel pada benda kerja yang dapat dilihat pada Gambar 9 (b). Penempelan *chip* pada benda kerja dapat mengakibatkan peningkatan temperatur pada saat pembuangan material sehingga dapat terjadi penurunan kualitas hasil pengerjaan.

4. Simpulan

Berdasarkan dari hasil modifikasi dan pengujian *turn-milling* pada mesin bubut konvensional, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Dengan memodifikasi mesin bubut konvensional pengerjaan *turn-milling* pada mesin bubut konvensional dapat dilakukan.
- 2) Dalam proses pengerjaan *turn-milling* tidak terdapat *chip* yang menempel saat proses pembuangan material. *Chip* dibuang secara langsung seiring pergantian sisi pemakanan pisau potong *endmill*.
- 3) Modifikasi *turn-milling* pada mesin bubut konvensional mampu melakukan 3 (tiga) jenis pemakanan yaitu *orthogonal*, *tangential*, dan *co-axial turn-milling*.
- 4) Dari ke 3 (tiga) jenis pemakanan yaitu *orthogonal*, *tangential*, dan *co-axial turn-milling* hasil permukaan yang baik terdapat pada pengujian *orthogonal turn-milling*.

- 5) Tidak terjadi penurunan putaran pisau potong pada saat proses pembuangan material benda kerja.

Daftar pustaka

Choudhury, K.S. Bajpai, B.J. 2005. *Investigation in orthogonal turn-milling towards better surface finish*. Journal of Materials Processing Technology. Volume 170, Pages 487–493.

Davim, J.P. 2011. *Machining of Hard Materials*. Portugal: University of Aveiro.

Groover, M.P. 2010. *Fundamentals of modern manufacturing 4th edition*. United states of America: Lehigh University.

Handika, R. 2017. *Pengembangan turn-milling pada mesin bubut konvensional*. Skripsi, Pekanbaru:Universitas riau.

Karagüzel, U. Uysal, E. Budak, E. Bakkal, M. 2015. *Analytical modeling of turn-milling process geometry, kinematics and mechanics*. International Journal of Machine Tools & Manufacture. Volume 91, Pages 24–33.

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

Nakajima, H. Kato, A. Sasahara, H. Yamamoto, H. Muraki, T. 2008. *Effect of rotary cutting tool posture on machining performance utilizing multi-tasking lathe*. Journal of advanced mechanical design, system, and manufacturing. Volume2, No.4.

Prasatiawan, D. 2010. *Rancang bangun alat gerinda silindris permukaan luar untuk dipasangkan pada mesin bubut konvensional*. Skripsi, Surakarta:Universitas sebelas maret.

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

Zainal, Arifin. 2013. *Pengaruh sudut potong pahat terhadap gaya pemotongan pada proses bubut beberapa material dengan pahat HSS*. Skripsi, Surakarta:Universitas sebelas maret.