

PENGARUH VARIASI KECEPATAN POTONG DAN KEDALAMAN POTONG PADA MESIN BUBUT TERHADAP TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN BENDA KERJA ST 41

Oleh:

Raul, Widiyanti, Poppy

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Malang

Email: antoniuslieraul@gmail.com; widi_66@yahoo.com; poppy_phd@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui: (1) perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan pada variasi kecepatan potong mesin bubut, (2) perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan pada variasi kedalaman potongmesin bubut, dan (3) perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan pada variasi kecepatan potong dan kedalaman potong mesin bubut. Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan metode eksperimental yang melibatkan beberapa variabel. Variabel tersebut diantaranya adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah (a) variasi kecepatan potong dan (b) kedalaman potong, sedangkan variabel terikat merupakan hasil kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan rata. Berdasarkan hasil analisis data diperoleh kesimpulan: (1) kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik. Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser, (2) pada hasil kedalaman potong yang digunakan ada perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja. Semakin besar kedalaman potong yang digunakan akan menyebabkan pembentukan tatal yang akan tersambung atau kontiniu dan sebaliknya kedalaman potong yang semakin rendah, akan menghasilkan tatal yang terputus-putus atau terpisah, (3) dalam gabungan antara kecepatan potong dan kedalaman potong ditemukan bahwa hasil kekasaran yang paling baik (paling halus) adalah kecepatan putar 2000 rpm pada kecepatan potong 170 m/menit dan perbandingan kedalaman potong 0,6. Semakin tinggi kecepatan putar, kecepatan potong dan perbandingan kedalaman potong yang besar maka nilai hasil kekasaran yang dihasilkan akan semakin rendah (halus).

Kata Kunci: kecepatan potong, kedalaman potong, kekasaran permukaan

Abstract. This research aims to know: (1) the difference of surface roughness level for work piece of lathe product to the cutting speed variance of lathe, (2) the difference of surface roughness level for work piece of lathe product to the cutting depth variance of lathe, and (3) the difference of surface roughness level for work piece of lathe product to the cutting speed and depth variance of lathe. This research was conducted by experimental method which includes many variables. The variables were independent variable and dependent variable. Independent variable was (a) cutting speed variance and (b) cutting depth variance. Meanwhile, dependent variable was surface roughness of flat lathe product work piece. Based on data analysis result, it was obtained the conclusion as follow: (1) cutting speed had influenced to the result of work piece surface quality. The high cutting speed was used, the better quality resulted. High cutting speed caused the decrease of cutting style and cross-sectional area of sliding surface, (2) result of depth cutting that used in this research was the difference level of work piece surface roughness. The bigger cutting depth was used, then it would produce continued wood shaving and contrarily the lower cutting depth was used, then it would produce separated wood shaving, (3) in the combination between cutting speed and cutting depth, it was found that the best roughness (the finest grinding) was rotating speed for 2000 rpm and cutting speed for 170 m/minute and comparison of cutting depth for 0.6. The higher rotating speed, cutting speed, and the bigger comparison of cutting depth, then the lower roughness produced.

Keywords: cutting speed, cutting depth, surface roughness.

Pada masa kini, pengerjaan dengan mesin sudah menjadi kebutuhan pada industri manufaktur. Mesin sudah memiliki peran utama dalam membantu manusia dalam proses produksi, karena dengan menggunakan mesin, pekerjaan manusia menjadi lebih mudah dan baik dalam segi kecepatan dan hasilnya yang tentu sesuai dengan yang dikehendaki. Pekerjaan yang dimaksud berupa proses pembubutan, pengefraisan, pengeboran, penyekrapan dan proses-proses pemesinan yang lain. Pemesinan juga merupakan salah satu teknologi proses produksi yang banyak dijumpai dan digunakan mulai dari bengkel kecil, bidang pendidikan kejuruan (SMK, Universitas, dan lain-lain) sampai industri pembuatan komponen-komponen mesin.

Proses pemesinan yang biasanya digunakan dalam proses produksi membutuhkan ketelitian yang tinggi untuk mendapatkan hasil yang baik. Ketelitian, kepresisian dan kualitas permukaan menjadi prioritas utama yang menjadi acuan dalam pengerjaan dalam proses pemesinan. Hasil permukaan benda kerja yang baik salah satu yang diharapkan dari setiap pengerjaan. Tingkat kepresisian dan kekasaran permukaan benda kerja yang dihasilkan harus sesuai dengan kebutuhan. Semakin tinggi tingkat kualitas permukaan benda kerja semakin tinggi pula tingkat kepresisiannya. Pada tingkat kekasaran permukaan salah satunya merupakan faktor utama untuk evaluasi produk dapat diterima atau tidak baik oleh pengerja sendiri (operator), instansi/perusahaan maupun konsumen. Kekasaran permukaan yang tinggi akan mengakibatkan kinerja komponen pasangan produk yang dihasilkan akan terganggu. Misalnya pada saat pemanfaatannya dapat menimbulkan keausan pada komponen pasangannya jika permukaan

benda kerja tidak sesuai. Karena akan terjadi gesekan yang antara permukaan benda kerja jika memiliki kekasaran permukaan tinggi dapat mempercepat proses keausan diantara kedua benda pasangan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas permukaan suatu benda kerja pada proses pemesinan diantaranya adalah sudut dan ketajaman pisau potong dalam proses pembuatannya, variasi kecepatan potong, posisi senter, getaran mesin, perlakuan panas yang kurang baik dan sebagainya (Munadi, 1988: 305). Selain beberapa faktor di atas, kedalaman pemotongan mempengaruhi tingkat kekasaran permukaan benda kerja. Kalpakjian Serope dan Schmid R. Steven (2002) mengatakan bahwa parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan potong. Demikian pula Rochim, (1993) bahwa hasil komponen proses pembubutan terutama kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh sudut potong pahat, kecepatan makan (*feeding*), kecepatan potong (*cutting speed*), kedalaman pemotongan (*depth of cut*) dan lain-lain.

Pendingin juga tidak dapat lepas dari proses pemesinan, selain sebagai pendingin dan kestabilan suhu dan kekerasan benda kerja maupun pahat. Semakin panas suhu pahat bubut dan benda kerja sangat berpengaruh pada kualitas kekasaran permukaan benda kerja. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ichlas dan Andriyanto (Ichlas Nur dan Andriyanto, 2009) bahwa kekasaran permukaan sangatlah dipengaruhi oleh kecepatan makan dan kecepatan potong begitu juga penelitian yang sudah dilakukan oleh Suardy (Suardy, 2008) bahwa pada proses pemesinan cairan pendingin juga berpengaruh pada kualitas

kekasaran permukaan benda kerja. Jika pendingin yang digunakan tingkat penyerapan panasnya baik maka hasil permukaan benda kerja akan semakin baik dan sebaliknya jika tingkat penyerapan panas pada pendingin kurang baik maka hasil permukaan benda kerja akan kurang baik.

Penelitian tentang kualitas kekasaran permukaan benda kerja hasil pemesinan sudah sering dilakukan orang seperti halnya yang dilakukan oleh Ichlas Nur dan Andriyanto, 2009 dan Suardy, 2008 bahwasanya kekasaran permukaan salah satunya adalah dipengaruhi oleh kecepatan makan, kecepatan potong dan media pendinginnya. Hal ini dilakukan untuk memperbaiki lagi tingkat kualitas permukaan suatu benda kerja dalam proses pemesinan.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang melibatkan beberapa variabel, variabel tersebut yaitu variabel bebas (X) dan variabel terikat (Y). Dalam penelitian ini variabel bebas adalah variasi kecepatan potong (X_1) dan kedalaman potong (X_2), sedangkan variabel terikat adalah kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan rata (Y) dan variabel kontrolnya gerak makan (*feed*).

Secara umum, desain penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Desain Penelitian

Kecepatan Potong (μm) (X_1)	Kedalaman Potong (X_2)		
	0.2	0.4	0.6
110 m/min	✓	✓	✓
140 m/min	✓	✓	✓
170 m/min	✓	✓	✓

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah uji statistik analisis

Anova dan univariate analysis of variance. Pengujian ini merupakan salah satu uji statistik parametrik yang berfungsi untuk membandingkan beberapa kelompok sampel dengan satu kali pengujian (Wendhi, 2012). Tujuan menggunakan uji ini adalah untuk mengetahui perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja hasil pembubutan pada variasi kecepatan potong dan kedalaman potong mesin bubut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbedaan Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan pada Variasi Kecepatan Potong

Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwasanya kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Ada perbedaan hasil tingkat kekasaran permukaan pada variasi kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik. Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser. Pada saat putaran spindle tinggi maka kecepatan potong juga akan ikut tinggi pula dan mengakibatkan luas penampang semakin sempit, penyempitan luas penampang yang dihasilkan akan berpengaruh semakin baik hasil kualitas permukaan. Disini sudah terlihat bahwasannya pada variasi kecepatan putar dan kecepatan potong ada perbedaan kualitas permukaan.

Pada variasi kecepatan potong yang digunakan ini terdapat perbedaan tingkat kekasaran yang jelas sehingga hasil yang diperoleh dari kekasaran permukaan yang paling rendah adalah dengan menggunakan kecepatan putar 2000 rpm pada kecepatan potong 170 m/menit, namun ketika variasi

kecepatan potong dan putar menggunakan parameter yang lebih rendah, hasil kekasarannya bertambah menjadi lebih tinggi. Kondisi variasi kecepatan potong dan putar memiliki keterbatasan, artinya semakin tinggi kecepatan potong dan putar yang digunakan maka akan dapat mengakibatkan penyempitan luas penampang pemakanan dan penurunan gaya potong. Penyempitan luas penampang pemakanan dan penurunan gaya potong akan berpengaruh terhadap kualitas permukaan. Hal ini diperkuat dengan adanya pernyataan Setiyana (2005: 23) bahwa kecepatan potong yang tinggi akan menurunkan rasio pemampatan geram dan penyempitan luas penampang pemakanan. Pemampatan geram dan penyempitan luas penampang pemakanan berpengaruh pada kualitas permukaan.

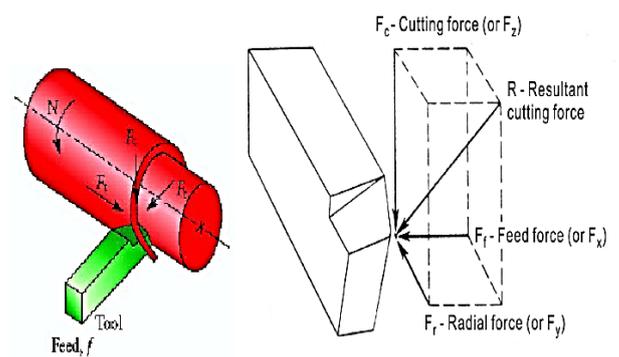
Parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan potong (Kalpakjian dan Schmid R. Steven, 2002). Rochim (1993) mengatakan juga bahwa hasil komponen proses pembubutan terutama kekasaran permukaan sangat dipengaruhi oleh sudut potong pahat, kecepatan makan (*feeding*), kecepatan potong (*cutting speed*), tebal geram (*depth of cut*) dan lain-lain.

Kecepatan putar (n) (*speed*) selalu dihubungkan dengan spindel (sumbu utama) dan benda kerja. Karena kecepatan putar diekspresikan sebagai putaran per menit (*revolutions per minute/ rpm*), hal ini menggambarkan kecepatan putarannya. Akan tetapi yang diutamakan dalam proses bubut adalah kecepatan potong (*Cutting speed* atau C_s) atau kecepatan benda kerja yang dilalui oleh pahat/ keliling benda kerja. Pada dasarnya pada waktu proses bubut ke-

cepatan potong ditentukan berdasarkan bahan benda kerja dan pahat (Widarto, 2008).

Kualitas permukaan salah satunya dipengaruhi oleh kecepatan potong karena gaya potong mengalami penurunan dengan semakin besar nilai kecepatan potong. Pernyataan ini sesuai dengan teori (Rochim, 1993) yaitu semakin besar nilai kecepatan potong maka gaya potong akan mengalami penurunan.

Semakin tinggi kecepatan potong akan berdampak juga pada penurunan rasio pemampatan geram. Hal ini karena kecepatan potong yang tinggi justru akan menurunkan gaya pemotongan. Menurunnya gaya pemotongan akan berpengaruh terhadap penurunan luas penampang bidang geser. Dengan demikian kecepatan potong yang tinggi akan menurunkan gaya pemotongan. Gaya pemotongan akan berpengaruh pada kualitas permukaan benda kerja. Rasio pemampatan geram sendiri merupakan perbandingan tebal geram yang dihasilkan dengan tebal geram mula-mula (Setiyana, 2005). Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Rochim. Semakin tinggi kecepatan potong maka gaya potong akan mengalami penurunan.



Gambar 2 Gaya-Gaya PadaUjung Pahat Mesin Bubut (Sumber: Nafsan Upara, 262)

Menurut Syamsir (1989) juga mengatakan bahwa kualitas permukaan potong tergantung pada kondisi pemotongan, missalnya kecepatan potong rendah dengan

feed dan *depth of cut* yang besar akan menghasilkan permukaan kasar (*roughing*) sebaliknya kecepatan potong tinggi dengan *feed* dan *depth of cut* kecil menghasilkan permukaan yang halus. Pernyataan tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang sudah dilakukan.

Hasil penelitian terdahulu dari Ganjar (2005) juga menyatakan bahwasanya kecepatan potong, laju pemakanan, kekerasan benda kerja dan kedalaman pemotongan secara statistik mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kekasaran permukaan. Kecepatan potong dan laju pemakanan serta kecepatan potong dan kedalaman pemotongan juga tampak berpengaruh. Secara khusus ditemukan bahwa kecepatan putar 2000 rpm pada kecepatan potong 170 m/menit menghasilkan kekasaran permukaan yang lebih baik dibandingkan kecepatan putar 920 rpm pada kecepatan potong 110 m/menit. Dapat dilihat pada hasil penelitian yang didapatkan bahwasanya semakin naik variabel kecepatan potong maka semakin baik kualitas permukaan yang dihasilkan.

Perbedaan Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan pada Variasi Kedalaman Potong

Tiga parameter utama pada setiap proses bubut adalah kecepatan putar spindel (*speed*), gerak makan (*feed*) dan kedalaman potong (*depth of cut*). Faktor yang lain seperti bahan benda kerja dan jenis pahat sebenarnya juga memiliki pengaruh yang cukup besar, tetapi tiga parameter di atas adalah bagian yang dapat diatur oleh operator langsung pada mesin bubut. Oleh karena itu penelitian ini menggunakan variasi dari salah satu parameter dari potong diatas, yakni kedalaman potong.

Temuan pada penelitian ini menjelaskan bahwa adanya pengaruh kedalaman potong terhadap hasil kekasaran. Artinya pada variasi kedalaman potong yang digunakan ini terdapat perbedaan kekasaran yang jelas. Kalpakjian dan Schmid R. Steven (2002) mengatakan bahwa parameter yang sangat menentukan kekasaran permukaan adalah kedalaman pemakanan (potong) (*depth of cut*), laju pemakanan (*feed rate*) dan kecepatan potong.

Hal ini dimungkinkan pada penelitian yang dilakukan, penggunaan kedalaman potong yang berbeda ketebalannya. Yaitu menggunakan kedalaman potong 0,2 mm, 0,4 mm, dan 0,6 mm. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa perbedaan tingkat ketebalan menghasilkan kekasaran yang berbeda pula.

Perbedaan Tingkat Kekasaran Permukaan Benda Kerja Hasil Pembubutan pada Variasi Kecepatan Potong dan Kedalaman Potong

Dalam penelitian ini kecepatan potong/putar disesuaikan dengan tebal kecepatan putar pada jenis mesin yang digunakan, yaitu mesin bubut merk ANNN YANG MACHINERY dengan model DV-410X1100G dan kedalaman potong yang bervariasi.

Dimana menghasilkan data hasil eksperimen diambil berdasarkan prosedur yang telah direncanakan sesuai pada Bab III. Pengambilan data dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang dengan menggunakan *Surface Roughness Table*. Hasil ditulis dalam bentuk nilai rata-rata kekasaran permukaan, karena pada pengukuran satu spesimen dilakukan 3 kali pengukuran agar data yang diperoleh lebih akurat. Data yang di ambil adalah hasil

pengukuran tingkat kekasaran permukaan untuk variabel kecepatan putar, kecepatan potong dan kedalaman potong hasil bubut rata dengan mengambil rata-ratanya. Hasil nilai rata-rata kekasaran yang diperoleh dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1 Nilai Rata-Rata Kekasaran Permukaan Benda Kerja Variasi Kecepatan Potong Dengan Kedalaman Potong

Kecepatan Potong (μm)	Kedalaman Potong		
	0,2 m/min (μm)	0,4 m/min (μm)	0,6 m/min (μm)
110 m/min	5,794	5,623	6,199
140 m/min	4,907	4,114	2,949
170 m/min	3,612	3,358	2,784

Pada Tabel 1 di atas telah diketahui nilai rata-rata kekasaran permukaan baja ST 41 yang sudah didapatkan. Berdasarkan data tersebut diketahui bahwa kecepatan potong 170 m/min memiliki nilai rata-rata tingkat kekasaran yang paling rendah ($3,251 \mu m$), serta nilai rata-rata kedalaman potong yang paling rendah yaitu 0,2 mm ($4,771 \mu m$), sedangkan hasil rata-rata kekasaran yang paling tinggi terdapat pada kecepatan potong 110 m/min ($5,772 \mu m$), serta nilai rata-rata kekasaran yang paling tinggi pada kedalaman potong 0,6 mm ($3,977 \mu m$).

Menurut Pragnesh (2012) laju pemakanan adalah hal yang sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dibandingkan kedalaman potong dan kecepatan potong. Sudhansu (2013) mengatakan bahwa kecepatan potong saja yang merupakan hal yang sangat berpengaruh terhadap kekasaran permukaan, sedangkan kedalaman potong tidak berpengaruh terhadap kekasaran permukaan. Hal ini dibuktikan dengan menggunakan *Design of Experiment* (DOE). Demikian pula dengan Natarajan (2011) yang mengatakan bahwa pada kecepatan

2500 rpm dan 3250 rpm angka kekasaran permukaan semakin menurun seiring dengan kedalaman pemotongan. Hal ini serupa dengan penelitian yang telah dilakukan, bahwa adanya pengaruh kecepatan potong dan kedalaman potong pada mesin bubut terhadap hasil kekasaran. Artinya pada variasi kecepatan potong dan kedalaman potong yang digunakan ini terdapat perbedaan tingkat kekasaran.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat diambil kesimpulan sebagai berikut. Dari hasil penelitian yang diperoleh bahwasanya kecepatan potong berpengaruh terhadap hasil kualitas permukaan benda kerja. Ada perbedaan tingkat kekasaran permukaan hasil pembubutan pada variasi kecepatan potong. Semakin tinggi kecepatan potong yang digunakan maka hasil kualitas semakin baik. Kecepatan potong yang tinggi mengakibatkan menurunnya gaya potong dan luas penampang bidang geser. Pada saat putaran spindle tinggi maka kecepatan potong akan sejalan dan mengakibatkan luas penampang semakin sempit, penyempitan luas penampang yang dihasilkan akan berpengaruh semakin baik hasil kualitas permukaan. Seperti yang diketahui bahwa pada kecepatan potong 170 m/min menghasilkan tingkat kekasaran paling rendah, yakni $2,784 \mu m$.

Pada hasil kedalaman potong yang digunakan ada perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja. Semakin besar kedalaman potong yang digunakan akan menyebabkan pembentukan tatal yang akan tersambung atau kontiniu dan sebaliknya kedalaman potong yang semakin rendah, akan menghasilkan tatal yang terputus-putus

atau terpisah. Kedua hal ini mengakibatkan perbedaan tingkat kekasaran permukaan benda kerja yang bergantung pada kecepatan potong dan juga dapat dipengaruhi oleh jenis bahan benda kerja dan bahan alat potong yang digunakan. Seperti yang terjadi pada proses pembubutan dengan menggunakan kedalaman potong 0,6 m menghasilkan tingkat kekasaran paling rendah, yakni 2,784 μm .

Dalam gabungan antara kecepatan potong dan kedalaman potong ditemukan bahwa hasil kekasaran yang paling baik (paling halus) adalah kecepatan putar 2000 rpm pada kecepatan potong 170 m/menit dan perbandingan kedalaman potong 0,6. Dari hasil pengukuran didapatkan dengan menggunakan kecepatan potong yang rendah dan kedalaman potong yang besar menghasilkan kualitas permukaan yang kurang baik karena karena mengakibatkan gaya pemotongan dan beban pemotongan yang menjadi tinggi. Semakin tinggi gaya dan beban pemotongan yang terjadi maka hasil dari permukaan akan semakin tidak baik. Semakin tinggi kecepatan putar, kecepatan potong dan perbandingan kedalaman potong yang besar maka nilai hasil kekasaran yang dihasilkan akan semakin rendah (halus) karena disebabkan oleh

semakin kecilnya gaya pemotongan dan tidak putusya tatal pada proses pembubutan yang berpengaruh pada tingkat kekasaran permukaan benda kerja.

Saran

Praktisi

Untuk praktisi jika melakukan proses pemesinan khususnya pembubutan, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk mendapatkan hasil kualitas permukaan benda kerja yang lebih baik dengan memperhatikan faktor-faktor pemilihan dan penyesuaian jenis material benda kerja, alat (pahat) potong, parameter pemotongan seta variabel kontrol seperti gerak makan, cairan pendingin dan sudut pahat yang disesuaikan dengan kebutuhan pemesinan seperti yang telah digunakan pada penelitian ini.

Akademisi

Untuk akademisi yang ingin melanjutkan, mengembangkan atau melakukan penelitian yang serupa dengan penelitian ini, semoga materi dan hasil dari penelitian ini dapat bermanfaat dengan dijadikan sebagai referensi tambahan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Ichlas Nur & Andriyanto. 2009. *Pengaruh Variabel Pemotongan Terhadap Kualitas Permukaan*. Produk dalam Meningkatkan Produktifitas. Poiteknik Negeri Padang. (Online). diakses 27 maret 2014.
- Kalpakjian, Serope and Scmid R Steven. 2002. *Manufacturing Engineering and Teknologi Fourth edition*. London: Prentice Hall.
- Kiswanto, Ganjar. 2005. *Pengaruh Parameter Pemesinan Terhadap Kualitas Permukaan Baja DF-3 (AISI 01) Yang Diperaskan*, Jurnal Teknologi Edisi No. 3. ISSN 0215-1685. (Online), (http://www.scribd.com/document_downloads/direct/25351973?extension=pdf&ft=1368424489<=1368428099&user_id=95387972&uahk=GrqiGWVOeyJx4XIsQx738+4VVSE), diakses 11 April 2014.

- Muin, Syamsir, A. 1989. *Dasar-dasar perancangan perkakas dan mesin perkakas*. Jakarta: Rajawali.
- Munadi, Sudji. 1988. *Dasar-dasar Metrologi*. Jakarta: Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Pendidikan.
- Natarajan, dkk. 2011. *Investigation of Cutting Parameters of Surface Roughness for a Non-Ferrous Material Using Artificial Neural Network in CNC Turning*. (Online), (<http://www.academic-journals.org/jmer>) diakses 15 Juli 2014.
- Patel, Pragnesh. R. 2012. *Effect of Machining Parameters on Roughness and Power Consumption for 6063 Al Alloy TiC Composites (MMCs)*. (Online), (www.ijera.com) diakses 15 Juli 2014.
- Prayogo, Wendhi. 2012. *Pengaruh Variasi Sudut Potong Dan Sudut Buang Pahat Baja Assab Asp 23/Vanadis 23 Terhadap Tingkat Kualitas Permukaan Benda Kerja*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Permesinan*. Jakarta: Higher Education Development Support Project.
- Setiyana, Budi. 2005. *Pengaruh Kecepatan Potong Pada Proses Pemessinan Kecepatan Tinggi Terhadap Geometridan kekerasan Geram Untuk beberapa Geram dengan Variasi Nilai Kekuatan Tarik*. (Online), (http://eprints.undip.ac.id/1662/1/pengaruh_kecepatan_potong_pada_proses_pemessinan_kecepatan_tinggi_doc.pdf) diakses 25 april 2014.
- Suardy. 2008. *Analisis kekasaran Permukaan hasil pembubutan pada baja St 42 menggunakan cairan pendingin sintetik dan semi sintetik*. (Online), (http://isjd.pdii.lipi.go.id/admin/jurnal/72087176_0216-4582.pdf) diakses 4 maret 2014.
- Sudhansu, dkk. 2013. *Effect of Machining on Surface Roughness in Machining of Hardened AISI 4340 Steel Using Coated Carbides Inserts*. (Online), (<http://www.issr-journals.org/ijias/>) diakses 15 Juli 2014.
- Upara, Nafsana. Tanpa Tahun. *Pemotongan Logam*. (Online), (<http://dc390.4shared.com/doc/Isga7MzQ/preview.html>) diakses 15 April 2014.
- Widarto, dkk. 2008. *(BSE) Teknik Mesin (Jilid 1)*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan Nasional.