

PENGARUH PUTARAN SPINDEL, GERAK MAKAN DAN KEDALAMAN POTONG TERHADAP GETARAN SPINDLE HEAD HASIL PROSES DRILLING

Yuni Hermawan ¹

ABSTRACT

The process of drilling or often referred to as the drill is the simplest machining process among other machining processes. Usually in the garage or workshop process is called the drill, although this term is actually less accurate. The process of the drill is intended as a process of making a round hole by using a drill (twist drill). While the process of drilling is the process to expand / enlarge the hole that can be done with a drill rod is not only done on the drill machine, but it could also machine tool, machine freis, or drilling machines.

From the research results can be seen the effect of the parameters used to the chatter values obtained chisel. Can be seen carving the smallest value of the vibration generated from experimental data 1 is $=0.6361 \text{ m/s}^2$ at $n = 136 \text{ rpm}$, $f = 0,07$ and $a = 14 \text{ mm}$. While the biggest chisel vibration acceleration values obtained from experimental data collection to 27 for $=,4267 \text{ m/s}^2$ at $n = 681 \text{ rpm}$, $f = 0,22$ and $a = 20 \text{ mm}$.

From the regression equation can be known parameters of the most influential pieces of depth of cut. The results in general that the value of vibration acceleration and determination, after the meal motion raised the value of vibration acceleration chisel and roundness are also growing, this was due to the greater movement of food is used then the resulting anger is also getting thicker so that the required cutting force increasing large. Consequently tangential force is also rising and causing the radial force and moment coupling. Moments and radial forces which cause bending and twisting of the chisel, consequently the greater the roundness deviation.

Key words: drilling, feeding, dept of cut, spindle head and vibration.

PENDAHULUAN

Teknologi di bidang manufaktur semakin berkembang, hal ini dapat dirasakan dengan semakin banyak produk yang dihasilkan oleh proses manufaktur baik dengan proses pemesinan konvensional maupun non konvensional. Proses gurdi/ *drilling* merupakan salah satu bentuk proses pemesinan konvensional yang secara sederhana dapat dikatakan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Pada proses gurdi pembuatan lubang dengan bor spiral di dalam benda kerja yang pejal merupakan suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar. Serpih hasil proses gurdi yang biasa disebut dengan geram (*chips*) harus keluar melalui alur helix pahat gurdi ke luar lubang. Ujung pahat menempel pada benda kerja yang terpotong, sehingga proses pendinginan menjadi relatif sulit. Hal ini sangat berpengaruh terhadap kepresisian benda kerja dan keakuratan dimensi dari proses gurdi itu sendiri (Widarto, 2008).

Industri yang umumnya bergerak di bidang manufaktur sangatlah banyak, mereka berusaha meningkatkan mutu produk yang dihasilkan dengan proses yang dilakukan Hal ini untuk menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dan keakuratan dalam dimensi, penyelesaian permukaan, laju produksi tinggi, keausan pahat potong rendah dan peningkatan prestasi produk benda kerja.

¹ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Dalam mencapai kualitas pada proses pengerjaan mesin adalah adanya getaran pahat dan benda kerja pada saat proses pemotongan berlangsung atau dikenal dengan istilah *chatter* (Mulyadi, 2009). Salah satu akibat munculnya *chatter* ini adalah ketidakrataan permukaan benda kerja hasil pemotongan. Ketidakrataan permukaan tergantung pada posisi relative sesaat dari pahat potong dan benda kerja. Komponen gaya gaya potong memiliki pengaruh besar terhadap akurasi dan benda kerja. Hal ini erat sekali kaitannya dengan fungsi produk itu sendiri. Bila suatu produk yang dihasilkan mempunyai karakteristik yang sesuai maka akan berpengaruh terhadap kekuatan dan umur suatu mesin, atau dengan kata lain kekuatan suatu mesin tergantung pada ketepatan dimensi dari komponen-komponennya (Hermawan, 2003).

Pada kenyataannya sangat sulit untuk mendapatkan benda kerja dengan karakteristik geometri yang sempurna dan memperoleh hasil dengan kualitas tinggi dengan tanpa memperhatikan hal-hal yang mempengaruhi proses pemesinan. Oleh karena itu dalam suatu proses pemesinan benda kerja banyak terjadi penyimpangan penyimpangan yang salah satu diantaranya disebabkan oleh parameter pemotongan itu sendiri. Karena itu pada pembahasan karya tulis ini mengambil judul “*Pengaruh Putaran Spindel, Gerak Makan dan Kedalaman Potong terhadap Getaran Spindle Head dan Kebulatan Hasil Proses Drilling*”.

TINJAUAN PUSTAKA

Mesin Drilling

Proses *drilling* atau sering disebut dengan proses drill merupakan proses pemesinan yang paling sederhana di antara proses pemesinan yang lain. Biasanya di bengkel atau *workshop* proses ini dinamakan proses bor, walaupun istilah ini sebenarnya kurang tepat. Proses drill dimaksudkan sebagai proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (*twist drill*). Sedangkan proses bor (*boring*) adalah proses meluaskan/memperbesar lubang yang bisa dilakukan dengan batang bor (*boring bar*) yang tidak hanya dilakukan pada Mesin Drill, tetapi bisa juga dengan Mesin Bubut, Mesin Freis, atau Mesin Bor. gambar 1. Berikut menunjukkan mesin drill.

Proses drill digunakan untuk pembuatan lubang bulat. Pembuatan lubang dengan bor spiral di dalam benda kerja yang pejal merupakan suatu proses pengikisan dengan daya penyerpihan yang besar. Jika terhadap benda kerja itu dituntut kepresisian yang tinggi (ketepatan ukuran atau mutu permukaan) pada dinding lubang, maka diperlukan pengerjaan lanjutan dengan penbenam atau gerek.



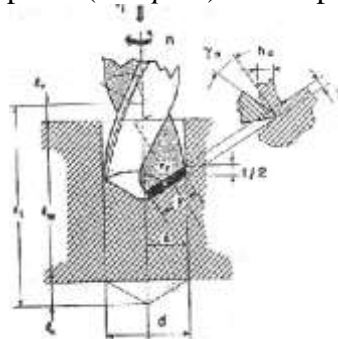
Gambar 1. Mesin drill

Pada proses drill, geram (*chips*) harus keluar melalui alur helix pahat drill ke luar lubang. Ujung pahat menempel pada benda kerja yang terpotong, sehingga proses pendinginan menjadi relatif sulit. Proses pendinginan biasanya dilakukan dengan menyiram benda kerja yang dilubangi dengan cairan pendingin, disemprot dengan cairan pendingin, atau cairan pendingin dimasukkan melalui lubang di tengah mata bor.

Elemen Dasar Mesin *Drilling*

Pahat drill mempunyai dua mata potong dan melakukan gerak potong karena diputar poros utama mesin drill. Putaran tersebut dapat dipilih dari beberapa tingkatan putaran yang tersedia pada mesin drill, atau ditetapkan bila sistem transmisi putaran mesin drill merupakan sistem berkesinambungan.

Gerak makan dapat dipilih bila mesin drill memiliki sistem gerak makan dengan tenaga motor (*power feeding*). Untuk jenis mesin drill yang kecil (mesin drill bangku) gerak makan tersebut tidak dapat dipastikan karena tergantung pada kekuatan tangan untuk menekan lengan poros utama. Selain itu proses drill dapat dilakukan pada mesin bubut dimana benda kerja diputar oleh pencekam poros utama dan gerak makan dilakukan oleh pahat drill yang dipasang padaudukan pahat (*tool post*) atau kepala gerak (*tail stock*).



Gambar 2. Proses drill.

Dari gambar 2 dapat diturunkan rumus untuk beberapa elemen proses drill yaitu:

Benda kerja:

L_w = panjang pemotongan benda kerja (mm),

d = diameter drill (mm)

Mesin drill:

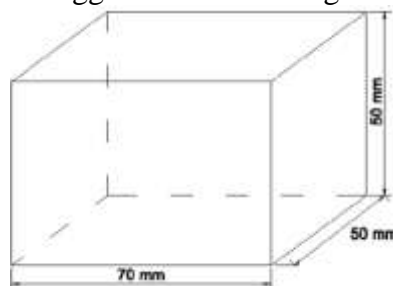
N = putaran poros utama (rpm)

F = gerak makan (mm/min)

METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu metode yang digunakan untuk menguji dengan menambahkan beberapa perlakuan variasi, sehingga nanti akan didapatkan data getaran dan kebulatan setiap penambahan variabel yang diujikan.

Penelitian getaran dilaksanakan di laboratorium Pemesinan Jurusan Teknik Mesin Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS - Surabaya). Penelitian kebulatan dilaksanakan di Politeknik ATMI Surakarta. Material atau benda kerja yang digunakan adalah St 37 dengan ukuran panjang 70 mm, sedangkan tinggi dan lebar masing masing 50 mm



Gambar 3. Profil benda kerja

Variabel yang diberikan pada penelitian ini adalah variabel bebas, yaitu variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti. Variabel yang akan digunakan yaitu:

- Mengatur putaran spindle (*spindle speed*), dengan variasi mulai dari 136 rpm, 254 rpm,

dan 368 rpm.

b. Gerak makan atau *feeding* yang digunakan adalah : 0.07 mm/put, 0.13 mm/put dan 0.22 mm/put.

c. Kedalaman yang digunakan 7 mm, 8,5 mm, 10 mm.

Variabel terikat yaitu variable yang faktornya diamati dan diukur untuk menentukan pengaruh yang disebabkan oleh variable bebas. Variable terikat dalam penelitian ini adalah getaran dan kebulatan.

Prosedur pengambilan data getaran pada mesin dan benda kerja

- Siapkan alat-alat yang digunakan untuk pengukur getaran antara lain, sensor pendeteksi getaran atau *accelerometer*, *charge amplifier*, ADC dan komputer.
- Pasang sensor getaran (*accelerometer*) pada *spindle head*, alat ini berfungsi sebagai sensor sinyal amplitudo getaran pada saat terjadi proses pendrillingan.
- Hubungkan sensor getaran ke *charge amplifier*, agar sinyal getaran dapat dikuatkan sehingga bisa ditampilkan.
- Hubungkan *charge amplifier* ke ADC (*Analog to Digital Converter*), agar sinyal yang tadinya berupa analog dapat dikonversi ke digital dan bisa muncul di komputer.



Gambar 4. Rangkaian alat uji getaran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah didapatkan data besar getaran maka dilakukan analisis hubungan antara variabel prediktor dan respon, dalam penelitian ini getaran dan kebulatan adalah variabel. Prediktor dan variable respon adalah, putaran spindle, kedalaman potong dan gerak makan, kemudian data yang diperoleh akan diolah secara statistik.

Data tabel yang diperoleh adalah sebagai berikut:

No	Putaran Spindel (rpm)	Kedalaman Potong (mm)	Gerak Makan (mm/put)	Getaran Tanpa Beban (m/s ²)	Getaran Proses (m/s ²)	Getaran (m/s ²)
1	136	7	0.07	0,1162	0,7523	0.6361
2	136	7	0.13	0,1162	0,9898	0.9898
3	136	7	0.22	0,1162	1,2117	1.0955
4	136	8.5	0.07	0,1162	1,5243	1.4081
5	136	8.5	0.13	0,1162	1,9121	1.7959
6	136	8.5	0.22	0,1162	1,9447	1.8285
7	136	10	0.07	0,1162	1,9942	1.8780
8	136	10	0.13	0,1162	2,7462	2.6300
9	136	10	0.22	0,1162	2,9081	2.6757
10	254	7	0.07	0,2719	1,1527	0.8808
11	254	7	0.13	0,2719	1,4092	1.1373
12	254	7	0.22	0,2719	1,5903	1.3184
13	254	8.5	0.07	0,2719	1,6293	1.3574
14	254	8.5	0.13	0,2719	1,8170	1.5451
15	254	8.5	0.22	0,2719	2,0673	1.7954

16	254	10	0.07	0,2719	2,8109	2.5390
17	254	10	0.13	0,2719	3,6749	3.4030
18	254	10	0.22	0,2719	3,8662	3.5943
19	368	7	0.07	0,3667	1,4839	1.1172
20	368	7	0.13	0,3667	1,5936	1.2269
21	368	7	0.22	0,3667	1,7621	1.3954
22	368	8.5	0.07	0,3667	2,4750	2.1083
23	368	8.5	0.13	0,3667	2,6387	2.2720
24	368	8.5	0.22	0,3667	3,2232	2.8565
25	368	10	0.07	0,3667	4,2382	3.8150
26	368	10	0.13	0,3667	5,2591	4.8924
27	368	10	0.22	0,3667	5,7934	5.4267

Analisis data ini bertujuan untuk mengetahui hubungan dan seberapa kuat hubungan tersebut antara variabel respons yaitu getaran dan variabel prediktor yaitu putaran spindel (n) dan gerak makan (f) dan kedalaman potong (a). Berdasarkan data yang diperoleh, maka didapatkan analisis regresi sebagai berikut:

Regression Analysis: getaran versus n, a, f

The regression equation is

$$\text{Getaran} = - 3.39 + 0.438 n + 3.13 a + 0.300 f$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P	VIF
Constant	-3.3939	0.2327	-14.59	0.000	
N	0.43811	0.06440	6.80	0.000	1.000
A	3.1296	0.1814	17.25	0.000	1.000
F	0.30008	0.05653	5.31	0.000	1.000

S = 0.0597006 R-Sq = 94.2% R-Sq(adj) = 93.4%

Pemodelan Regresi

Pada gambar 4.1 persamaan yang dapat diperoleh melalui analisis regresi linier berganda ini adalah:

$$\text{Getaran} = - 3.39 + 0.438 n + 3.13 a + 0.300 f$$

Variance influence factors (VIF) digunakan untuk mengidentifikasi adanya multikolinear dalam model. Mutikolinear adalah suatu keadaan dimana antar variabel prediktor terdapat hubungan sangat erat. Dalam regresi, apabila ada korelasi antar variabel prediktor, maka akan ada ketidaksesuaian model yang telah dibuat. Untuk mengatasinya, diperlukan metode regresi khusus yang mampu menangani kasus multikolinearitas. Diantaranya adalah regresi *stepwise*, *best subset*, *backward elimination*, *forward selection*, dan lain-lain.

Analisis Faktorial

Gambar 4.3 menunjukkan keterangan mengenai variabel prediktor, yaitu putaran spindel (n), kedalaman potong (a) dan gerak makan (f), masing-masing mempunyai 3 level faktor. Untuk putaran spindel dari 136, 254, dan 368 rpm, kedalaman potong 7, 8,5 dan 10 mm dan gerak makan yaitu 0,07, 0,13 dan 0,22 mm/put. Di bawah baris faktor terdapat tabel ANOVA yang digunakan untuk mengetahui pengaruh antara variabel respons dan variabel prediktor. Untuk mengetahui pengaruh-pengaruhnya maka hipotesisnya adalah:

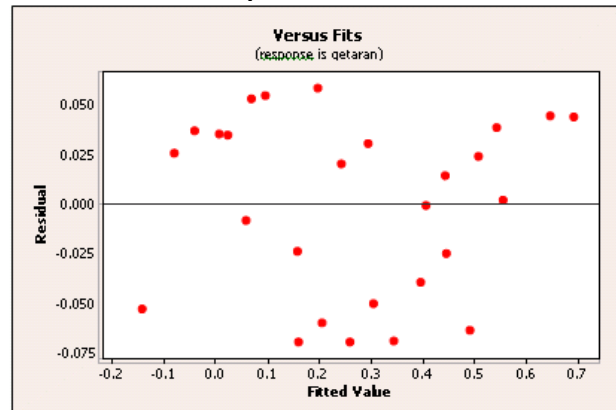
$H_0 : F = 0$ (variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap variabel respons)

$H_1 : F \neq 0$ (variabel prediktor berpengaruh terhadap variabel respons)

Dari gambar 4.3 dapat diketahui nilai F untuk masing-masing variabel prediktor adalah $n = 36,58$, $a = 207,14$ dan $f = 20,11$ dan p-value untuk variabel n, a dan f bernilai 0,000. Maka kesimpulannya adalah menolak hipotesis awal yang berarti variabel prediktor tidak berpengaruh terhadap variabel respons karena $p\text{-value} < \alpha$, dimana $\alpha = 5\%$ dan menerima hipotesis alternatif yang berarti semua variabel prediktor berpengaruh cukup signifikan terhadap variabel respons.

Uji Identik

Residual adalah jarak antara nilai sebenarnya dengan garis model taksiran. Pengujian varian identik bertujuan untuk memenuhi apakah residual mempunyai penyebaran yang sama. Jika penyebaran datanya acak atau tersebar di sekitar garis nol dan tidak menunjukkan pola-pola tertentu, maka asumsi identik terpenuhi.

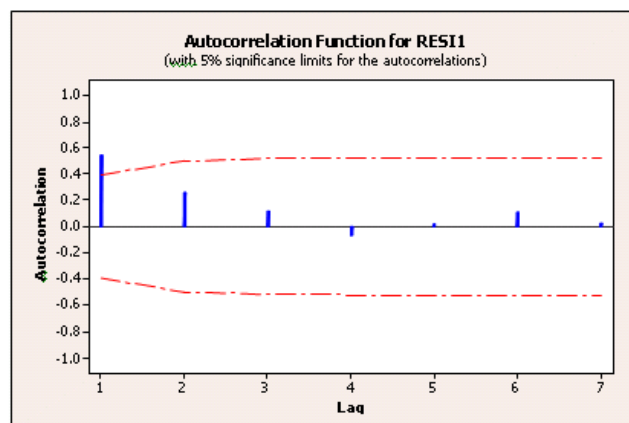


Gambar 5. Plot Residuals the Fitted Values

Uji Independen

Plot *autocorrelation function* yang ditunjukkan pada gambar 4.7 menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antar pengamatan yang dilakukan secara independen terpenuhi. Hal ini dibuktikan dengan semua korelasi berada pada interval

$$\pm \frac{2}{\sqrt{n}}, \text{ dimana } n = 27 \text{ yang berarti terdapat } 27 \text{ percobaan.}$$



Gambar 6. Autocorrelation fuction (ACF) untuk RESI1

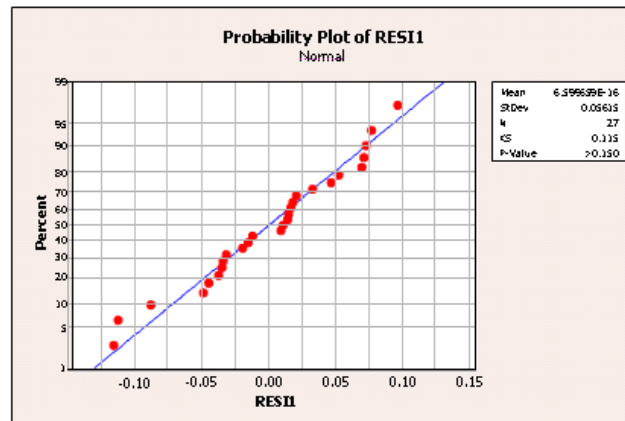
Uji Kenormalan Residual

Untuk membuktikan bahwa residual model regresi linier berganda yang dibuat telah mengikuti distribusi normal yang diinginkan sesuai dengan asumsi model regresi, maka perlu dilakukan uji kenormalan residual model. Uji kenormalan residual ini menggunakan Kolmogorov-Smirnov *normality test*. Dengan hipotesis:

$$H_0 = \text{Residual berdistribusi normal}$$

H_1 = Residual tidak berdistribusi normal

Pada uji kenormalan ini menggunakan level toleransi (α) sebesar 5% atau 0,05. Dari tabel Kolmogorov-Smirnov yang terdapat pada lampiran, statistik Kolmogorov untuk α sebesar 0,05 dan jumlah pengamatan sebanyak 27 pengamatan adalah 0,254 (uji 2 arah).



Gambar 7. Plot uji distribusi normal

Pembahasan

Setelah menganalisa data hasil percobaan menggunakan metode regresi maka didapatkan persamaan statistik yang menunjukkan bahwa semua variabel prediktor yaitu putaran spindel (n), kedalaman potong (a), dan gerak makan (f) berpengaruh terhadap variabel respons yaitu getaran. Akselerasi getaran paling kecil diperoleh pada penggunaan putaran spindel 136 RPM, kedalaman potong 7mm dan dengan gerak makan 0,07 mm/put. Dan nilai paling besar diperoleh pada penggunaan putaran spindel 368 RPM, kedalaman potong 10mm dan dengan gerak makan 0.22 mm/put. dihasilakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{getaran} = - 3.39 + 0.438 n + 3.13 a + 0.300 f$$

Dari persamaan statistik yang dihasilkan pengaruh yang paling besar adalah kedalaman dan dalam penelitian ini variabel yang pengaruhnya paling kecil adalah putaran spindel, kemudian berangsur naik ketika putaran ditambah. Hal ini disebabkan karena getaran belum melewati frekwensi pribadinya, jika putaran spindel ditambah dengan putaran yang sangat tinggi sampai melewati frekwensi pribadinya maka getaran akan lebih stabil/kecil. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa semakintinggi putaraan spindel sangat sensitif terhadap terjadinya getaran. (Suhardjono 2004)

Selain putaran spindle, kedalaman potong juga berpengaruh terhadap terjadinya getaran pada proses gurdi, hal ini disebabkan karena adanya gaya potong yang terjadi pada saat pahat memotong benda kerja sehingga menyebabkan terjadinya getaran pada proses drill dan secara otomatis semakin dalam pemotonganya maka getaran semakin bertambah besar. Getaran yang ditimbulkan paling kecil dan dapat disimpulkan getaran akan semakin besar jika gaya tangensial yang dibutuhkan untuk pemotongan semakin besar.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Putaran spindle, kedalaman potong dan gerak makan sangat berpengaruh terhadap terjadinya getaran pada proses drilling. Kedalaman potong berpengaruh paling besar terhadap besar getaran pada proses drilling.
2. Akselerasi getaran paling kecil diperoleh pada percobaan ke-1 dengan penggunaan putaran spindel 136 RPM dan dengan gerak makan 0.07 mm/put dan akeselerasi getaran paling besar diperoleh pada percobaan ke-27 dengan penggunaan putaran spindel 368 RPM dan dengan gerak makan 0.22 mm/put.

3. Putaran spindel dan gerak makan sangat berpengaruh terhadap terjadinya akselerasi getaran pada proses drilling.
4. $Getaran = - 3.39 + 0.438 n + 3.13 a + 0.300 f$
5. Variabel prediktor (putaran spindle, gerak makan dan kedalaman potong) mempunyai pengaruh sebesar 94,2% terhadap variabel respons yaitu getaran.

Saran

Pada percobaan ini hanya membahas tentang pengaruh parameter-parameter pada proses drilling terhadap getaran saja. Sebaiknya perlu dikaji lebih dalam lagi seperti getaran pada proses drilling yang mengakibatkan benda kerja menjadi kasar, sehingga dapat ditarik suatu hubungan antara besar getaran dengan kekasaran permukaan benda kerja.

DAFTAR PUSTAKA

- Candra, Arif. 2011. *Pengaruh Sudut Geram dan Kecepatan Potong terhadap Keausan Pahat HSS pada Proses Pemdrillingan Baja S45C*. Jember: Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
- Hermawan, Yuni. 2003. *Penelitian tentang Pengaruh Kecepatan Potong, gerak Makan, dan Kedalaman Potong terhadap Kesilindrisan Hasil Proses Drilling*. Tidak diterbitkan. Jember: Departemen Pendidikan Nasional Universitas Jember.
- Mulyadi, Santoso. 2009. *Getaran Paksa 2 DOF dari Pahat Drill Menggunakan Program Matlab*. Jurnal Rotor Universitas Jember, 2 (2): 18-23.
- Permana, Yusca. 2011. *Pengaruh Kecepatan Potong, Gerak Makan, dan Kedalaman Pemakanan terhadap Getaran pada Proses Drilling dengan Tail Stock*. Jember: Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
- Rochim, Taufiq. 1993. *Teori & Teknologi Proses Pemesinan*. Bandung: ITB
- Rochim, Taufiq. 2008. *Perkakas dan Sistem Perkakas (Umur Pahat, Cairan Pendingin Pemesinan)*. Bandung: ITB. Ganesha 10.
- Rohman, Ainnur. 2009. *Optimasi Kebulatan pada Proses Drilling dengan Variasi Parameter Pemotongan dan Pahat Modifikasi*. Jember: Fakultas Teknik Mesin Universitas Jember.
- Sukma, Adriyan. 2010. *Pengaruh Spindel, Kedalaman Potong, dan Gerak Makan terhadap Getaran pada Proses Drilling Tanpa Tail Stock*. Jember: Fakultas Teknik Universitas Jember.
- Widarto. 2008. *Teknik Pemesinan Buku Jilid 2 Untuk SMK*, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.