

PENGARUH SPINDLE SPEED, FEEDING DAN DEPTH OF CUT PADA TURNING CNC DENGAN MATERIAL PLASTIK TERHADAP KEKASARAN PERMUKAAN

Dicky Seprianto¹⁾, Romi Wilza²⁾, Zamheri³⁾

¹⁾²⁾³⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139 Telp: 0711-353414 Fax: 0711-453211

Abstrak

Turning (proses bubut) merupakan salah satu proses produksi yang pada prinsipnya adalah pengurangan diameter dari benda kerja. Proses-proses pengerjaan pada mesin bubut secara umum dikelompokkan menjadi dua yaitu: proses pemotongan kasar (roughing) dan pemotongan halus atau semi halus (finishing). Dengan berkembangnya teknologi pemesinan telah terjadi peralihan dari metode konvensional ke CNC (Computer Numerically Controlled), dimana dengan menggunakan mesin berbasis CNC, maka parameter proses pemesinan dapat dikendalikan lebih baik dan produk yang dihasilkan dapat dibuat dalam waktu relatif singkat dengan jumlah yang lebih banyak. Proses pemesinan identik dengan material yang berasal dari logam (ferro), akan tetapi dikarenakan sifatnya yang unrenewable, maka plastik sekarang banyak dikembangkan untuk menggantikan fungsi dari logam, sehingga parameter dari proses pemesinan dengan material plastik perlu diketahui untuk mendapatkan kualitas yang optimal ditinjau dari kekasaran permukaan benda. Pada penelitian ini akan menggunakan mesin Turning CNC dengan post processor tipe siemens S802s, dimana parameter yang akan diteliti adalah spindle speed, feedrate dan depth of cut dengan penggunaan media pendingin ataupun tidak. Sedangkan material plastik dalam bentuk silinder pejal berjenis HDPE (High Density PolyEthylene) sebagai benda kerja. Untuk seluruh data hasil pengukuran diperoleh hasil olah data multiple regression berupa model matematika yang diharapkan dapat dijadikan acuan dalam memprediksi nilai kekasaran permukaan berdasarkan parameter pengujian yang telah ditentukan yaitu :

$$\text{Kekasaran (Ra)} = 3.84 - (0.17A) + (2.57B) - (0.14C) - (0.083AB - 0.092AC - 0.085BC - 0.089(ABC))$$

Kata Kunci : Plastik, Turning CNC, Multiple Regression

1. PENDAHULUAN

Salah satu parameter proses pembubutan (*turning*) yang tidak dapat dilakukan dengan tepat pada mesin turning konvensional adalah spindle speed, dikarenakan pada proses turning diameter benda kerja berubah seiring dengan proses penyayatan. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan mesin berbasis CNC

Proses pemesinan sangat identik untuk pembentukan produk/komponen dengan menggunakan material logam (*ferro*), akan tetapi dikarenakan logam tergolong sumber daya alam mineral bahan galian yang pada umumnya bersifat *unrenewable*, maka telah dikembangkan plastik sebagai alternatif dalam pembuatan komponen/produk⁽¹⁾. Plastik merupakan material yang baru secara luas

dikembangkan dan digunakan sejak abad ke-20 yang berkembang secara luar biasa penggunaannya dari hanya beberapa ratus ton pada tahun 1930-an, menjadi 150 juta ton/tahun pada tahun 1990-an dan 220 juta ton/tahun pada tahun 2005. Saat ini penggunaan material plastik di negara-negara Eropa Barat mencapai 60kg/orang/tahun, di Amerika Serikat mencapai 80kg/orang/tahun, sementara di India hanya 2kg/orang/tahun⁽²⁾.

Plastik merupakan polimer, rantai panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang. Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang di tulang belakang. (beberapa minat komersial juga berdasar silikon). Plastik menjadi bagian tak terpisahkan di kehidupan abad 21.

Pengembangan plastik berasal dari penggunaan material alami (seperti: permen karet, "shellac") sampai ke material alami yang dimodifikasi secara kimia (seperti: karet alami, "nitrocellulose") dan akhirnya ke molekul buatan-manusia (seperti: epoxy, polyvinyl chloride, polyethylene)⁽³⁾. Tuntutan terhadap kualitas produk yang baik dari proses pemesinan sangat dibutuhkan di dunia industri. Salah satu tuntutan tersebut adalah kualitas kakasaran permukaan produk. Hasil kekasaran permukaan pada proses pemesinan turning sangat bergantung kepada parameter pemesinan yaitu *spindle speed*, *feedrate* dan *depth of cut*.⁽⁵⁾

Pengaruh suhu sintering terhadap sifat fisik (densitas) dan sifat mekanik (kekuatan impak, kekuatan lentur) material komposit HDPE-karet yang dibuat dengan metode *pressured sintering*. Bahan yang digunakan adalah plastik jenis HDPE yang berasal dari kemasan oli dan karet yang berasal dari ban bekas. Pembuatan spesimen menerapkan teknologi serbuk dengan metode *pressured sintering*. Pada penelitian ini variasi yang digunakan adalah suhu sintering, yakni 110 °C, 120 °C, 130 °C, dan 140 °C. Proses *pressured sintering* dilakukan 5 menit dengan tekanan 1MPa. Pengujian kekuatan lentur menggunakan alat UTM dengan standar uji ASTM D790. Pengujian kekuatan impak memakai alat impak izod dengan standar uji ASTM D5941, dan pengukuran densitas didasarkan pada standar pengujian ASTM D792. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan suhu sintering dari 110 °C sampai 140 °C akan meningkatkan densitas hingga 10.18%, kekuatan impak hingga 71.52%, dan kekuatan lentur hingga 12.28%. Kenaikan densitas terbesar ketika suhu naik dari 120 °C ke 130 °C yaitu sebesar 6.20%, kenaikan impak terbesar ketika suhu dinaikkan dari 110 °C ke 120 °C yaitu sebesar 55.01%, dan kenaikan kekuatan lentur terbesar ketika suhu naik dari 110 °C ke 120 °C yaitu sebesar 6.91%.⁽⁶⁾

Pada pemantauan saat proses pemesinan menggunakan mesin bubut CNC sedang berlangsung. Selain parameter pemesinan ditambahkan informasi getaran mesin yang diperoleh dari *accelerator* (PCB356B08 *Piezotronics*). Mesin bubut yang digunakan adalah *Enterprise 1500* buatan *Mysore Kirlsokar* (India) pada bahan 6061 T2. dihasilkannya bahwa tanpa data vibrasi mesin, akurasi prediksi dengan *multiple regression* berkurang sekitar 1,5%⁽⁷⁾⁽⁸⁾

Dari hasil penelitian dan pengukuran kekasaran permukaan terhadap benda kerja yang dibuat dengan proses pemesinan menggunakan mesin Milling CNC didapat bahwa nilai rerata kekasaran (Ra) yang paling baik (halus) diperoleh pada kombinasi faktor *feedrate*=150 mm/min, *spindle speed*=1700 rpm dengan media pendingin angin sebesar 0.694 μmm dan diketahui bahwa *spindle speed*, *feedrate* dan interaksi keduanya terbukti dengan tingkat keyakinan 95% ($\alpha=5\%$), berpengaruh terhadap nilai kekasaran, dengan persentase kontribusi sebesar, 37%, 32%, 28%⁽⁸⁾

Dengan perkembangan dunia industri sekarang ini, kebutuhan material untuk sebuah produk bertambah. Penggunaan material logam pada berbagai komponen produk semakin berkurang. Hal ini diakibatkan oleh beratnya komponen yang terbuat dari logam, proses pembentukannya yang relatif susah, dapat mengalami korosi dan biaya produksinya mahal. Oleh karena itu, banyak dikembangkan material lain yang mempunyai sifat karakteristik yang sesuai dengan karakteristik material logam yang diinginkan. Salah satu material yang banyak dikembangkan saat ini adalah komposit. Komposit adalah bahan kombinasi antara dua atau lebih komponen atau material yang memiliki sejumlah sifat yang tidak mungkin dimiliki oleh masing-masing komponen tersebut.



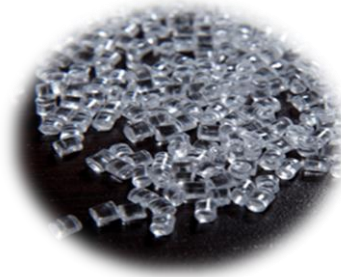
a. Polietilen(PE)



b. Polivinil klorida(PVC)



c. Polipropena (PP)



d. Polistiren(PS)

Gambar 1. Polimer Termoplastik



a. Resin epoksi



b. Fenolik

Gambar 2. Polimer Termoset

2. BAHAN DAN METODA

2.1 Metodologi Penelitian

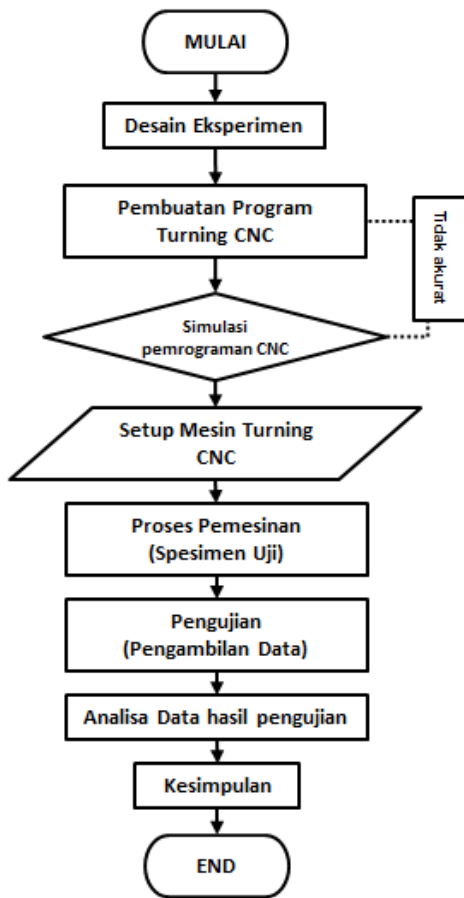
Pada penelitian ini terlebih dahulu dibuat desain eksperimen dengan pendekatan metode full factorial 2 level dan 3 faktor dengan 3 faktor interaksi (3FI), dimana faktor yang dikontrol adalah *spindle speed*, *feeding* dan *depth of cut*. Sedangkan respon yang ditentukan yaitu nilai kekasaran permukaan spesimen uji. Untuk pengolahan data hasil eksperimen menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Sedangkan pembuatan spesimen/benda kerja digunakan mesin Turning CNC dengan *post processor* tipe siemens S802s.

Dari keseluruhan parameter proses yang dapat dikendalikan, disusun suatu

faktor-faktor eksperimen yang berpengaruh terhadap kekasaran permukaan dari spesimen ditunjukkan pada tabel 1, sedangkan diagram alir dari penelitian ini ditunjukkan pada gambar 3.

Tabel 1. Faktor-Faktor Eksperimen Dan Respon Yang Diharapkan

Name	Units	Type	Low	High
<i>Spindle Speed</i>	<i>rpm</i>	<i>Factor</i>	1000	1750
<i>Feeding</i>	<i>mm/min</i>	<i>Factor</i>	0.1	0.5
<i>Depth Of Cut</i>	<i>mm</i>	<i>Factor</i>	1	3
Kekasaran	μmm	<i>Response</i>		



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

2.2 Peralatan Dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Mesin Tuning CNC tipe EDU VR-1 LATHE-TB dengan *post processor* menggunakan Siemens S802s.
2. Alat potong dengan material *carbide* (pahat rata kiri)
3. Mitutoyo *micrometer*
4. *Qualitest roughness surface tester TR 200*
5. Kompresor

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini yaitu material plastik dalam bentuk silinder pejal berjenis HDPE (*High Density PolyEthylene*)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

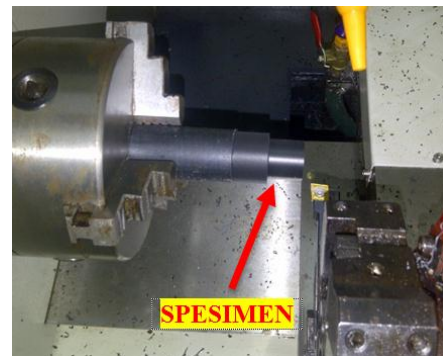
3.1 Hasil Pengujian

Setelah dibuat pemrograman *numerical control* (NC) untuk pembuatan spesimen uji, dilakukan proses pemesinan CNC yang menghasilkan spesimen uji, Untuk mengetahui nilai kekasaran dari

spesimen uji maka dilakukan pengukuran kekasaran permukaan dengan menggunakan alat *Qualitest TR 200*. Hasil pengukuran kekasaran terhadap spesimen uji yang dilakukan sebanyak 3 kali replikasi ditunjukkan pada tabel 2, sedangkan spesimen uji sebelum dan setelah proses pemesinan turning CNC ditunjukkan pada gambar 4.



a. Sebelum Proses Pemesinan



b. Sesudah Proses Pemesinan



c. Spesimen Uji Yang Dibuat

Gambar 4. Spesimen Sebelum Dan Sesudah Proses Pemesinan Turning CNC

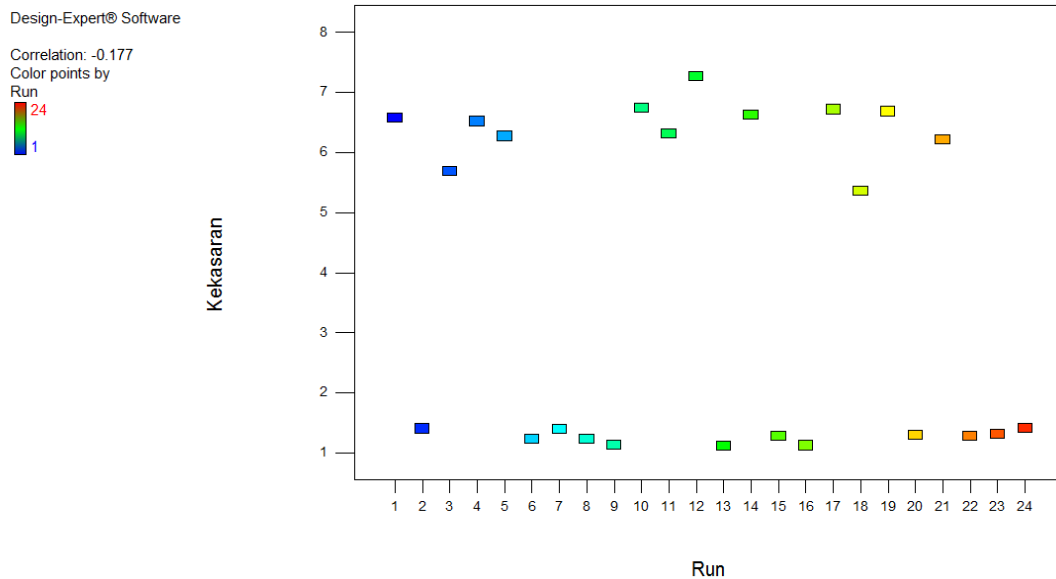
Tabel 2. Hasil Pengukuran Kekasaran Spesimen Uji

Std	Run	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Response
		A: Spindle Speed rpm	B:Feedrate mm/min	C:Depth of cut mm	Kekasaran µmm
10	1	1750	0.5	1	6.576
3	2	1000	0.1	1	1.404
22	3	1750	0.5	3	5.692
11	4	1750	0.5	1	6.521
19	5	1000	0.5	3	6.274
4	6	1750	0.1	1	1.232
2	7	1000	0.1	1	1.398
5	8	1750	0.1	1	1.225
18	9	1750	0.1	3	1.135
9	10	1000	0.5	1	6.735
20	11	1000	0.5	3	6.314
21	12	1000	0.5	3	7.269
17	13	1750	0.1	3	1.114
12	14	1750	0.5	1	6.629
15	15	1000	0.1	3	1.277
16	16	1750	0.1	3	1.123
7	17	1000	0.5	1	6.718
24	18	1750	0.5	3	5.366
8	19	1000	0.5	1	6.685
14	20	1000	0.1	3	1.298
23	21	1750	0.5	3	6.218
6	22	1750	0.1	1	1.276
13	23	1000	0.1	3	1.311
1	24	1000	0.1	1	1.412

3.2 Analisa Data Hasil Pengujian Kekerasan

Dari 24 kali observasi random terhadap kekasaran permukaan yang dilakukan diperoleh nilai kekasaran paling tinggi terjadi pada spesimen uji ke-12 sedangkan nilai kekasaran permukaan terendah terdapat pada spesimen uji ke-16, adapun grafik hasil pengukuran dari spesimen uji ditunjukkan pada gambar 5.

Untuk mengetahui data yang dihasilkan *valid* serta pengaruh-pengaruh dari faktor terhadap respon kekasaran permukaan spesimen uji, maka dilakukan analisa statistik dengan analisis varians dua arah (ANOVA) dengan menggunakan metode *full factorial* dengan tipe *2 level factorial* dan model *3 factorial interaction*. Dari 24 kali observasi yang dilakukan maka didapat nilai minimum, maksimum, rata-rata, standar deviasi dan rasio faktor terhadap respon kekasaran permukaan spesimen uji yang ditunjukkan pada tabel 3.



Gambar 5. Grafik Hasil Observasi Terhadap Nilai Kekasaran Permukaan Spesimen Uji

Tabel 3. Rata-Rata, Standar Deviasi, Dan Rasio Dari Hasil Pengujian Kekasaran

Study Type	Factorial		Runs		24					
Design Type	2 Level Factorial									
Design Model	3FI									
Factor	Name	Units	Min	Max	-1 Actual	+1 Actual	Mean	Std. Dev.		
A	Spinde Speed	rpm	1000	1750	1000	1750	1375	375		
B	Feeding	mm/min	0.1	0.5	0.1	0.5	0.3	0.2		
C	Depth Of Cut	mm	1	3	1	3	2	1		
Response	Name	Units	Obs	Analysis	Minimum	Maximum	Mean	Std. Dev.	Ratio	Model
Y1	Kekasaran	µmm	24	Factorial	1.114	7.269	3.8418	2.6539	6.5251	3FI

Setelah dilakukan model analisis varians (ANOVA) dua arah yang terdiri dari perhitungan jumlah kuadrat, derajat kebebasan, rata-rata jumlah kuadrat dan F_{Hitung} (F_o), maka dapat diperoleh data statistik ANOVA rata-rata kekasaran spesimen uji seperti ditunjukkan pada gambar 6. Adapun hasil perhitungan statistik (ANOVA) yang didapat dengan menggunakan bantuan perangkat lunak *design expert*® versi 8.

Response	1	Kekasaran				
ANOVA for selected factorial model						
Analysis of variance table [Partial sum of squares - Type III]						
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value Prob > F	
Model	160.98	7	23.00	362.96	< 0.0001	significant
<i>A-Spindle Speed</i>	0.66	1	0.66	10.46	0.0052	
<i>B-Feeding</i>	159.09	1	159.09	2511.02	< 0.0001	
<i>C-Depth Of Cut</i>	0.49	1	0.49	7.69	0.0136	
AB	0.17	1	0.17	2.63	0.1247	
AC	0.20	1	0.20	3.19	0.0931	
BC	0.17	1	0.17	2.74	0.1172	
ABC	0.19	1	0.19	3.00	0.1025	
Pure Error	1.01	16	0.063			
Cor Total	161.99	23				
<p>The Model F-value of 362.96 implies the model is significant. There is only a 0.01% chance that a "Model F-Value" this large could occur due to noise.</p> <p>Values of "Prob > F" less than 0.0500 indicate model terms are significant. In this case A, B, C are significant model terms.</p> <p>Values greater than 0.1000 indicate the model terms are not significant. If there are many insignificant model terms (not counting those required to support hierarchy), model reduction may improve your model.</p>						
Std. Dev.	0.25		R-Squared	0.9937		
Mean	3.84		Adj R-Squared	0.9910		
C.V. %	6.55		Pred R-Square	0.9859		
PRESS	2.28		Adeq Precisor	38.456		

Gambar 6. ANOVA Hasil Pengukuran Nilai Kekasaran Spesimen

Dari hasil perhitungan statistik menggunakan metode ANOVA, diketahui bahwa faktor *spindle speed*, *feedrate*, dan *depth of cut* berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekasaran spesimen uji dengan tingkat keyakinan 95% ($\alpha=0.05$). Hal ini dapat dibuktikan dimana $F_{\text{VALUE}} > F_{\text{TABEL}}$ dan nilai Prob > F kurang dari 0,05 sehingga dapat diketahui bahwa faktor dan interaksi dari faktor *spindle speed* dan *depth of cut*

berpengaruh secara signifikan terhadap respon yaitu nilai kekasaran permukaan spesimen uji. Setelah dilakukan komputasi statistik untuk seluruh data, diperoleh hasil olah data *multiple regression* berupa model matematika yang diharapkan dapat memprediksi nilai kekasaran permukaan dari spesimen uji dengan menggunakan material plastik, yaitu :

$$\text{Kekasaran (Ra)} = 3.84 - (0.17A) + (2.57B) - (0.14C) - (0.083AB - 0.092AC - 0.085BC - 0.089ABC)$$

Dimana :

A = *Spinde Speed* (Rpm)

B = *Feeding* (mm/min)

C = *Depth Of Cut* (mm)

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan pengukuran nilai kekasaran permukaan terhadap spesimen uji dengan material plastik yang dilakukan proses pemesinan menggunakan mesin Turning CNC merk MTS Type EDU VR1-LATHE-TB, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai rerata kekasaran (Ra) terendah (paling halus) diperoleh pada kombinasi faktor *feedrate*=0,1 mm, *spindle speed*=1750 rpm dan *depth of cut*=3mm sebesar 1,124 µmm.
2. Dari hasil analisa data pengujian menggunakan metode ANOVA diketahui bahwa *spindle speed*, *feedrate*, *depth of cut* serta interaksi antara *spindle speed* dengan *depth of cut* terbukti dengan tingkat keyakinan 95% ($\alpha=5\%$), berpengaruh secara signifikan terhadap nilai kekasaran.
3. Setelah dilakukan komputasi statistik untuk seluruh data hasil pengukuran diperoleh hasil olah data *multiple regression* berupa model matematika yang diharapkan dapat dijadikan acuan dalam memprediksi nilai kekasaran permukaan berdasarkan parameter pengujian yang telah ditentukan yaitu :

$$\text{Kekasaran (Ra)} = 3.84 - (0.17A) + (2.57B) - (0.14C) - (0.083AB - 0.092AC - 0.085BC - 0.089ABC)$$

4.2 Saran

1. Dengan semakin menipisnya material dari logam karena sifatnya yang *unrenewable resource* maka perlu dikembangkan kemungkinan proses pemesinan untuk material-material yang bersifat *renewable*.

2. Komponen-komponen yang dihasilkan dari material plastik mayoritas dibuat melalui proses *injection moulding*, sehingga perlu diteliti lebih lanjut (5.1) kemungkinan untuk dibuat menggunakan proses pemesinan lainnya dengan *mechanical properties* yang diharapkan.

DAFTAR PUSTAKA

1. "Plastic", http://wiki.answers.com/Q/Is_plastic_renewable_or_non_renewable diunduh tanggal 21-02-2013
2. Ahvenainen, Raija, 2003, "*Modern Plastics Handbook*", 1 ST Edition, Woodhead Publishing Limited, pp. 24.1.
3. "Plastic", <http://id.wikipedia.org/wiki/Plastik>, diunduh tanggal 21-02-2013
4. MTS, 2011, "*CNC-Basic*", BK & BM, Kaiserin-Augusta-Allee, Berlin.
5. Heru Sukanto, 2009, "Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas dan Kekuatan Komposit Plastik – Karet", *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram* Vol. 3 No. 1 hal. 57-61, Universitas Negeri Surakarta.
6. Yang, J.L., Chen, J.C., 2001, "A Systematic Approach for Identifying Optimum Surface Roughness Performance in End Milling Operations", *Journal of Industrial technology*, Vol. 17, No. 2, February to April 2001, <http://www.nait.org>.
7. Huang, L., Chen, J.C., 2001, "A Multiple Regression Model to Predict In-process Surface Roughness in Turning Operation Via Accelerometer", *Journal of Industrial technology*, Vol. 17, No. 2, February to April 2001, www.nait.org.
8. Johan Trygg, Svante Wold, 2002, "*Introduction To Statistical Experiment Design*", University Of Queensland, Australia.
9. Lou, Mike S., et al., 1998, "Surface Roughness Prediction Technique For CNC End Milling", *Journal of Industrial Technology* Vol. 15, No. 1.
10. Taufiq Rochim, 2007, "Klasifikasi Proses, Gaya dan Daya Pemesinan", Buku 1, ISBN. 979-979-1344-050, Penerbit ITB, Bandung.