

PENENTUAN PARAMETER PERMESINAN TERBAIK UNTUK MEMINIMASI PENYIMPANGAN GEOMETRI KESILINDRISAN BOUT SEGIENAM J-01 DENGAN METODE TAGUCHI

Ratna Purwaningsih, Naniek Utami H, Hari Kuncara
Program Studi Teknik Industri UNDIP

Abstrak

Eksperimen dilakukan dengan Metode Taguchi untuk menentukan setting parameter terbaik yang akan mengurangi penyimpangan geometri pada Bout J-01. Parameter permesinan yang dilibatkan dalam eksperimen adalah feed diidentifikasi sebagai faktor A, depth of cut sebagai faktor B dan spindle speed sebagai faktor C, serta dengan memperhatikan tingkat sensitivitas yang dimiliki terhadap faktor gangguan yaitu umur pahat atau faktor T. Tingkat sensitivitas ini diperlihatkan oleh variasi nilai penyimpangan geometri yang ditransformasikan ke dalam nilai Signal to Noise Ratio (SNR).

Eksperimen dijalankan dengan tiga level untuk tiap faktor. Dari hasil ANOVA, didapatkan bahwa faktor yang berpengaruh signifikan terhadap penyimpangan geometri adalah faktor A, faktor B dan faktor T serta interaksi antara faktor A dan T (AxT). Berdasarkan nilai rata-rata penyimpangan geometri dan nilai SNR yang dihasilkan, terlihat penggunaan level 1 faktor A (0,15 mm/putaran) dan level 2 faktor B (0,275 mm) menghasilkan nilai rata-rata penyimpangan geometri terkecil dan SNR paling mendekati nol, sedangkan level 3 faktor C (1100 rpm) dipilih untuk mempercepat waktu pemotongan karena pengaruhnya yang tidak signifikan. Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan parameter yang dianggap terbaik. Hasil eksperimen konfirmasi menunjukkan terdapat perbaikan rata-rata penyimpangan geometri sebesar 43,3% dan nilai SNR sebesar 22,6%.

1. PENDAHULUAN

Bengkel Mesin Laksana adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri permesinan. Pada divisi mesin CNC produksinya terkonsentrasi pada permesinan CNC turning dengan bentuk produk silindris Bout Segienam J-01. Pada produk ini ditemukan penyimpangan geometri yang cukup besar sampai dengan 40 μm . Penyimpangan ini terjadi pada karakteristik kualitas diameter luar sepanjang 23 mm yang diindikasikan dengan perbedaan ukuran diameter di tiap titik pengukuran. Tiga bentuk penyimpangan geometri yang terjadi adalah taper (sebanyak 80%), barrel shape (8%) dan hourglass shape (12%) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.1. Bentuk-bentuk penyimpangan ini tergolong ke dalam suatu bentuk penyimpangan geometri kesilindrisan.

Dalam proses permesinan, parameter permesinan harus direncanakan secara baik. Perencanaan tersebut penting untuk memperhitungkan gaya dan daya pemotongan yang terjadi. Gaya pemotongan bereaksi pada pahat dan

benda kerja, yang selanjutnya akan diteruskan pada bagian-bagian tertentu mesin perkakas, yang akan mengakibatkan lenturan. Meskipun lenturan ini kecil, lenturan ini dapat menyebabkan kesalahan geometri produk maupun sumber getaran yang dapat memperpendek umur pahat (Rochim, 1993, h.179).

Penyimpangan geometri yang selama ini terjadi pada Bout J-01 dapat disebabkan oleh kurang sesuainya parameter permesinan yang digunakan sehingga gaya pemotongan yang timbul mengakibatkan lenturan pada benda kerja dan pahat. Dengan kondisi tersebut maka diperlukan suatu parameter permesinan yang lebih baik dimana akan dihasilkan penyimpangan geometri yang minimal dan waktu yang terbuang akibat perbaikan yang dilakukan operator dapat dihilangkan.

Permasalahan yang dapat diangkat pada penelitian ini adalah mencari dan menentukan parameter permesinan terbaik untuk meminimasi gaya pemotongan yang menyebabkan penyimpangan geometri terjadi pada Bout J-01. Metode yang digunakan adalah Metode Taguchi sebagai salah satu metode dalam disain eksperimen.

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi faktor dan gangguan pada proses permesinan bubut yang berpengaruh terhadap penyimpangan geometri Baut Tipe J-01.
2. Menentukan parameter terbaik dari tiap faktor yang berpengaruh dengan tingkat sensitifitas terendah terhadap gangguan sehingga penyimpangan geometri Baut Tipe J-01 dapat diminimalkan.

Batasan-batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

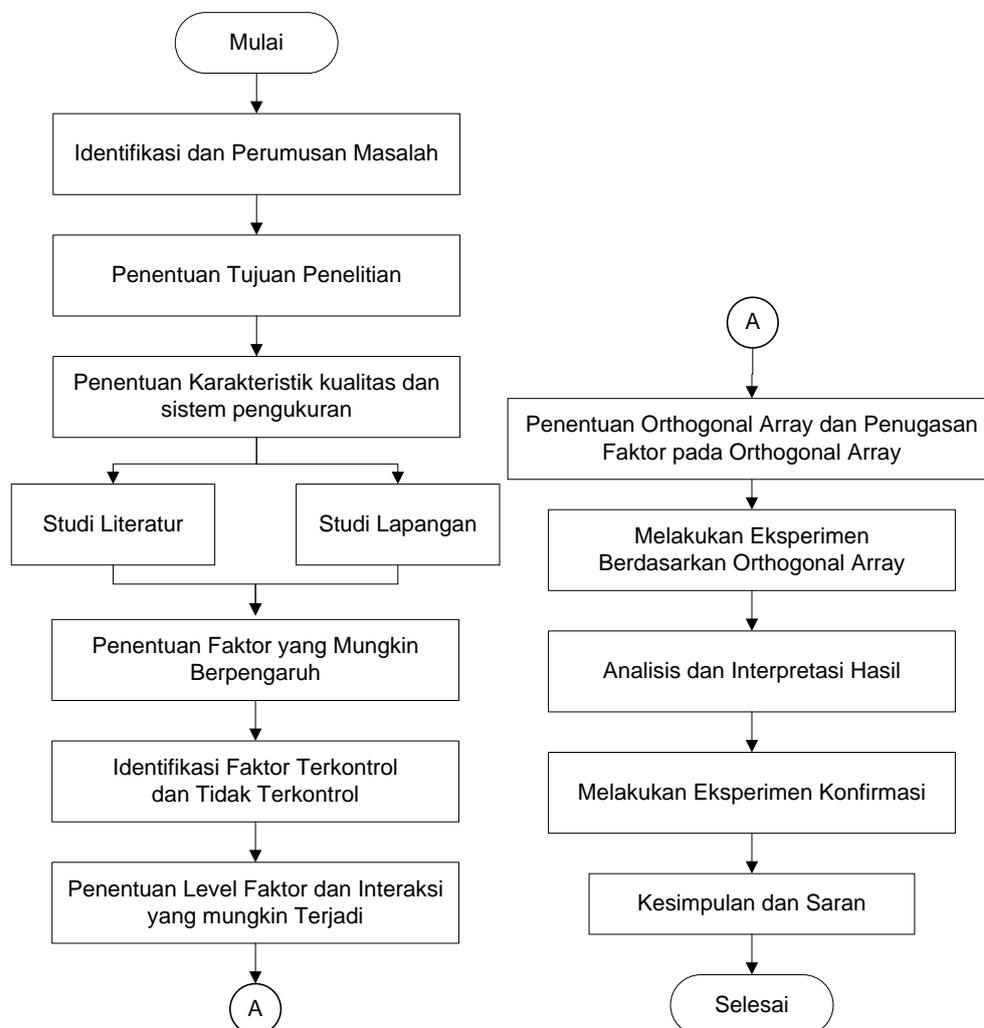
1. Peneliti hanya akan meneliti satu karakteristik kualitas yaitu geometri

diameter luar Baut Tipe J-01 sepanjang 23 mm.

2. Pengamatan dilakukan hanya pada satu mesin CNC *turning* tipe GCL-2BL.
3. Faktor dan level faktor yang digunakan dan dieksperimenkan disesuaikan dengan spesifikasi pahat dan mesin yang digunakan perusahaan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Urutan proses secara lengkap yang dilalui dalam melakukan penelitian ini dirumuskan kedalam suatu *flowchart* Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Metodologi Penelitian

3. HASIL EKSPERIMEN

3.1. Data Pendahuluan/Hasil Permesinan Aktual

Data pendahuluan didapatkan untuk mendapatkan gambaran awal karakteristik

kualitas produk yang diamati. Data pendahuluan ini didapat dari hasil produksi dengan kondisi aktual dengan menggunakan kondisi permesinan yang selama ini digunakan, yaitu dengan parameter permesinan sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter permesinan aktual proses *finishing*

Faktor		Parameter
A	Pemakanan (<i>feed</i>)	0,2 mm/rev
B	Kedalaman potong (<i>depth of cut</i>)	0,275 mm
C	Kecepatan spindel (<i>spindle speed</i>)	1000 rpm

Dengan menggunakan parameter permesinan tersebut proses produksi dilakukan dan diambil sampel sebanyak 15 produk. Setelah itu dilakukan pengukuran dengan sistem pengukuran *diametrical measurement* dengan micrometer digunakan sebagai alat pengukur. Dari data penyimpangan ke-15 produk tersebut dilakukan perhitungan secara statistik untuk mendapatkan gambaran secara umum karakteristik kualitas yang diamati yaitu perhitungan rata-rata, variansi, standar deviasi dan rasio S/N serta perhitungan *loss function*.

- Nilai rata-rata (*mean*) = 17,357 μm
- Nilai variansi = 12,795
- Nilai standar deviasi = 3,577
- Nilai *signal to noise ratio* (SNR) = -26,569 desibel
- Nilai rata-rata *loss function* = 0,182 kerugian

3.2. Eksperimen I

Data eksperimen I didapatkan melalui eksperimen dengan menggunakan Metode Taguchi. Eksperimen dilakukan berdasarkan rencana eksperimen yang telah disusun sebelumnya meliputi penggunaan *orthogonal array* L9, lima replikasi dan susunan randomisasi. Setelah melakukan eksperimen dan hasil eksperimen didokumentasikan dengan baik agar tidak tercampur satu sama lain, dilakukan pengukuran penyimpangan geometri dengan menggunakan metode *diametrical measurement*. Hasil eksperimen ditampilkan pada tabel 3. Pengujian secara statistik yang dilakukan untuk memenuhi asumsi dasar sebelum dilakukan uji ANOVA adalah uji normal, uji homogenitas variansi dan uji independensi.

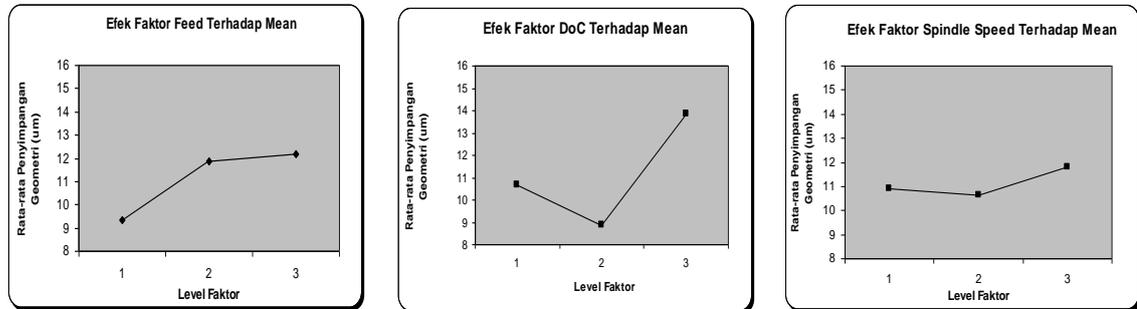
Tabel 2. Data penyimpangan geometri hasil eksperimen I (μm)

Trial	N ₁					N ₂				
	3	15	12,75	14	13,75	8,25	14,25	21,5	9,25	12
5	13,25	9,25	4,5	10,75	3,25	12,25	10,5	15,25	9,25	13,5
7	12,75	19,75	6,5	10,25	14,75	10,25	13,75	10	10,25	12
4	12	4	5,5	16,5	8,5	16,75	13	14	15,5	13,25
6	7,75	7,5	7,25	13,75	9,75	25,25	13,25	18,25	14,5	13,25
2	3,75	5,25	4,25	6	7,75	8,5	14,25	3	6,5	9,75
9	13,75	5	21,25	8,25	15	22,5	13,5	16	14,5	20
1	9,25	7,25	8,25	5,25	8,75	3,75	10	8,75	9,75	5,25
8	10,75	12,75	12,75	14	8,5	8	10	7,25	10,5	7

3.3. Perhitungan Identifikasi Pengaruh Faktor/Interaksi Terhadap Rata-rata

Perhitungan efek faktor terhadap rata-rata perlu dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang signifikan berpengaruh

terhadap nilai rata-rata hasil eksperimen. Untuk dapat melihat lebih jelas pengaruh atau efek tiap faktor terhadap nilai rata-rata hasil eksperimen, nilai tersebut diplotkan kedalam suatu grafik berikut:



Gambar 2. Efek tiap faktor terhadap rata-rata penyimpangan geometri

Analysis of Variance (ANOVA) merupakan salah satu metode yang digunakan dalam menganalisis dan menentukan parameter yang memberikan pengaruh terhadap karakteristik kualitas

yang diamati, selain metode observasi, metode rangking, metode efek kolom, dan metode *plotting* (Ross,1996,h,91). Hasil perhitungan ANOVA yang telah di-*pooling up* diperlihatkan Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil *pooling up* ANOVA

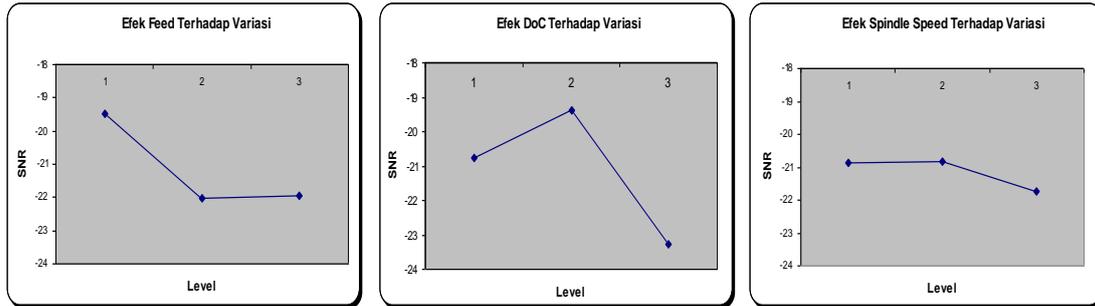
Faktor	SS	Dof	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
A	147,638	2	73,819	5,33	3,11
B	374,867	2	187,433	13,53	3,11
T	145,034	1	145,034	10,47	3,96
AxT	131,226	2	65,613	4,74	3,11
e _{pooled}	1135,892	82	13,852		
Σ	1934,656	89			

Dari hasil *pooling up* ANOVA yang dilakukan, maka faktor-faktor dan interaksi faktor yang berpengaruh terhadap rata-rata penyimpangan geometri adalah sebagai berikut:

- Faktor *feed* (faktor A)
- Faktor *depth of cut* (faktor B)
- Faktor umur pahat (faktor T)
- Interaksi *feed* dan umur pahat (Interaksi AxT)

3.4. Perhitungan Identifikasi Pengaruh Faktor/Interaksi Terhadap Variasi

Dari hasil eksperimen I, dilakukan transformasi data menjadi rasio S/N. Untuk dapat melihat lebih jelas pengaruh atau efek tiap faktor terhadap nilai rasio S/N (*SNR*), nilai nilai *SNR* tersebut diplotkan kedalam suatu grafik berikut:



Gambar 3. Efek tiap faktor dan levelnya terhadap variasi

Hasil perhitungan ANOVA SNR yang telah di-*pooling up* diperlihatkan Tabel 4 berikut:

Tabel 4. Hasil akhir *pooling up* rasio S/N

Faktor	SS	Dof	MS	F _{hitung}	F _{tabel}
A	12,651	2	6,325	4,829	4,26
B	23,243	2	11,621	8,871	4,26
e _{pooled}	5,241	4	1,310		
Σ	41,135	8			

Dari hasil *pooling up* ANOVA yang dilakukan, maka faktor-faktor yang berpengaruh terhadap variasi penyimpangan geometri adalah sebagai berikut:

- Faktor *feed* (faktor A)
- Faktor *depth of cut* (faktor B)

3.5. Perhitungan Persentase Kontribusi (*Percent Contribution*)

Hasil perhitungan persen kontribusi seluruh faktor/interaksi yang berpengaruh pada rata-rata penyimpangan geometri diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil perhitungan persentase kontribusi efek faktor terhadap rata-rata

Faktor	SS	Dof	MS	F	SS'	P
A	147,638	2	73,819	5,329	119,93	6,1992
B	374,867	2	187,433	13,531	347,16	17,944
T	120,756	1	120,756	8,717	131,18	6,7806
AxT	155,504	2	77,752	5,613	103,52	5,3509
e _{pooled}	1135,892	82	13,8523		1232,856	63,725
Σ	1934,656	89			1934,656	100

Sedangkan untuk persen kontribusi pengaruh faktor terhadap variasi ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil perhitungan persentase kontribusi efek faktor terhadap variasi

Faktor	SS	Dof	MS	F	SS'	P
A	12,651	2	6,325	4,829	10,55426	25,66
B	23,243	2	11,621	8,871	23,24286	56,50
e _{pooled}	5,241	4	1,310		7,338	17,84
Σ	41,135	8			41,135	100

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa:

1. Persentase efek faktor atau interaksi yang terbesar adalah *depth of cut* yaitu sebesar 17,94%, presentase ini menandakan diantara faktor dan interaksi yang dianggap berpengaruh, efek faktor *depth of cut*-lah yang memiliki pengaruh paling besar terhadap penyimpangan geometri.
2. Persentase error sebesar 63,73% yang lebih dari 50% menandakan bahwa terdapat faktor berpengaruh yang terabaikan atau kondisi eksperimen yang tidak secara tepat terkontrol atau

pengukuran yang kurang baik (Ross,1996,h.148).

3.6. Eksperimen II (Eksperimen Konfirmasi)

Eksperimen konfirmasi dilakukan dengan menggunakan level faktor yang dianggap akan memberikan perbaikan kualitas yang diinginkan, yaitu dengan menggunakan parameter permesinan terbaik yang dapat meminimasi penyimpangan geometri yang terjadi. Parameter ini ditentukan melalui plotting grafik yang tiap efek faktor yang tertera pada Tabel 7.

Tabel 7. Parameter permesinan eksperimen konfirmasi

Faktor		Parameter
A	Pemakanan (<i>feed</i>)	0,15 mm/rev
B	Kedalaman potong (<i>depth of cut</i>)	0,275 mm
C	Kecepatan spindel (<i>spindle speed</i>)	1100 rpm

Dengan menggunakan parameter permesinan diatas, proses permesinan dilakukan untuk mendapatkan 15 produk untuk diteliti. Dari ke-15 produk tersebut dihitung penyimpangan geometri yang dimiliki tiap produk, penyimpangan

geometri tersebut diperlihatkan pada Tabel 4.18. Dilakukan pula perhitungan secara statistik untuk dapat dibandingkan dengan hasil permesinan aktual dan melihat seberapa besar perbaikan yang dihasilkan.

- Nilai rata-rata (*mean*) = 9,70 μm
- Nilai variansi = 4,607
- Nilai standar deviasi = 2,146
- Nilai *signal to noise ratio* (SNR) = -20,565 desibel
- Nilai rata-rata *loss function* = 0,0456 kerugian

4. PEMBAHASAN

Analisis perbandingan hasil permesinan aktual dan hasil eksperimen konfirmasi meliputi analisis perbandingan rata-rata, standar deviasi/variansi, dan *loss function*.

a. Perbandingan terhadap nilai rata-rata
 Rata-rata hasil permesinan aktual = 17,357 μm
 Rata-rata hasil eksperimen konfirmasi = 9,720 μm

Pada hasil eksperimen konfirmasi terdapat perbaikan rata-rata penyimpangan

geometri.. Besarnya perbaikan terhadap rata-rata penyimpangan geometri yang dihasilkan adalah sebesar:

$$\text{Perbaikan rata-rata} = \frac{17,357 - 9,70}{17,357} = 0,441 \text{ atau sebesar}$$

44,1%

Pada hasil rata-rata penyimpangan geometri yang dihasilkan terdapat perbaikan sebesar 44,1% dengan menggunakan parameter permesinan pada eksperimen konfirmasi.

b. *Perbandingan terhadap variansi*
Variansi hasil permesinan aktual = 12,795
Variansi hasil eksperimen konfirmasi = 4,607

Perbaikan ditunjukkan dengan nilai variansi hasil eksperimen konfirmasi

yang lebih kecil daripada variansi hasil permesinan aktual.

Besarnya perbaikan variansi yang dihasilkan sebesar:

$$\text{Perbaikan variansi} = \frac{12,795 - 4,607}{12,795} = 0,639 \text{ atau sebesar } 63,9 \%$$

c. *Perbaikan terhadap Standar Deviasi*

Standar deviasi hasil permesinan aktual = 3,577

Standar deviasi hasil eksperimen konfirmasi = 2,146

Perbaikan ini ditunjukkan dengan nilai standar deviasi hasil eksperimen konfirmasi yang lebih kecil nilainya daripada standar deviasi hasil permesinan aktual. Besarnya perbaikan standar deviasi yang dihasilkan sebesar:

$$\text{Perbaikan standar deviasi} = \frac{3,577 - 2,146}{3,577} = 0,40 \text{ atau sebesar } 40 \%$$

Baik dari segi variansi maupun standar deviasi terdapat perbaikan pada hasil eksperimen konfirmasi.

a. *Perbaikan terhadap Rasio S/N (SNR)*

Dari pengolahan data pada BAB IV didapatkan bahwa:

SNR hasil permesinan aktual = -26,569 desibel

SNR hasil eksperimen konfirmasi = -20,565 desibel

Besarnya perbaikan variasi yang dihasilkan eksperimen konfirmasi sebesar:

$$\text{Perbaikan variasi} = \frac{-26,569 - (-20,565)}{-26,569} = 0,226 \text{ atau sebesar } 22,6\%$$

Pada variasi penyimpangan geometri yang dihasilkan hasil eksperimen konfirmasi terdapat perbaikan sebesar 22,6% dengan menggunakan parameter permesinan pada eksperimen konfirmasi.

e. *Terhadap Loss Function*

Dari pengolahan data pada BAB IV didapatkan bahwa:

Total Loss Function hasil permesinan aktual = 2,723 satuan kerugian

Total Loss Function hasil eksperimen konfirmasi = 0,6483 satuan kerugian

Besarnya perbaikan nilai kerugian yang dihasilkan eksperimen konfirmasi sebesar:

$$\text{Perbaikan loss function} = \frac{2,723 - 0,6483}{2,723} = 0,762 \text{ atau sebesar } 76,2 \%$$

Total kerugian yang dihasilkan dari eksperimen konfirmasi mengalami perbaikan sebesar 76,2% dengan menggunakan parameter permesinan pada eksperimen konfirmasi.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan perhitungan ANOVA, faktor-faktor dilibatkan dalam eksperimen dan ternyata memiliki pengaruh yang signifikan terhadap

penyimpangan geometri Baut J-01 adalah:

- Faktor A atau *feed*,
- Faktor B atau *depth of cut*,
- Faktor T atau umur pahat, dan
- Interaksi faktor A dan faktor T atau interaksi antara *feed* dan umur pahat (AxT)

2. Berdasarkan analisis terhadap nilai rata-rata dan nilai SNR yang dihasilkan tiap level faktor yang dilibatkan dan berpengaruh, dapat disimpulkan parameter permesinan terbaik yang dapat meminimasi penyimpangan geometri Baut J-01 adalah sebagai berikut:
 - *Feed* pada level 1: 0,15 mm/putaran
 - *Depth of cut* pada level 2: 0,275 mm
3. Secara umum penggunaan level faktor terbaik pada eksperimen konfirmasi memberikan perbaikan terhadap besarnya rata-rata penyimpangan geometri yang dihasilkan, begitu pula halnya dengan nilai rasio S/N dan *loss function*.

5.2. Saran

Saran bagi perusahaan adalah agar dalam proses permesinan menggunakan parameter permesinan *finishing* untuk *feed* 0,15 mm/putaran dan *depth of cut* 0,275 mm, sedangkan *spindle speed* menggunakan nilai 1100 rpm atau lebih besar karena ternyata pengaruhnya tidak signifikan terhadap penyimpangan geometri tetapi signifikan pada waktu produksi. Penaikkan tersebut dapat disesuaikan batasan yang ada yaitu pahat dan mesin yang digunakan untuk menghasilkan geometri Baut J-01 yang lebih baik.

Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan memperbanyak faktor dan level faktor yang dilibatkan terutama dari faktor pahat baik geometri maupun material sehingga identifikasi faktor yang berpengaruh lebih banyak dan ditemukan parameter permesinan yang lebih baik untuk meminimasi penyimpangan geometri. Penelitian selanjutnya diharapkan menggunakan alat pengukuran yang lebih baik, sehingga informasi yang didapat lebih tepat dan eror dalam pengukuran dapat diperkecil.

UCAPAN TERIMAKASIH

Alhamdulillah, penelitian kami yang berjudul *PENENTUAN PARAMETER*

PERMESINAN TERBAIK UNTUK MEMINIMASI PENYIMPANGAN GEOMETRI KESILINDRISAN BAUT SEGIENAM J-01 DENGAN METODE TAGUCHI telah selesai dilaksanakan. Penelitian ini dilaksanakan dengan dana DIPA Universitas Diponegoro Nomor : 061.0/23-4.0/XIII/2005 Kode 5584-0036 MAK 521114.

Terimakasih kami sampaikan kepada segenappihak yang telah membantu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada :

1. Ketua Lembaga Penelitian UNDIP, Prof.Dr.dr.Ign.Riwanto, Sp.BD yang telah menyetujui untuk dilaksanakannya penelitian ini dengan dana DIPA UNDIP.
2. Dekan Fakultas Teknik , Ir.Hj.Sri Eko Wahyuni
3. Ketua Jurusan Teknik Industri
4. Ketua Laboratorium Sistem Produksi, Teknik Industri UNDIP
5. Pimpinan Bengkel Mesin Laksana yang telah memberi ijin kami untuk melakukan observasi awal penelitian di perusahaan tersebut.
6. Pihak-pihak lainnya yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, terutama para staf administrasi Lemlit UNDIP yang telah memberi informasi-informasi yang kami butuhkan.

Semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

DAFTAR PUSTAKA

1. ASTME, *Fundamental of Tool Design*. Prentice Hall, India, 1984.
2. Bothroyd, Geoffrey, *Fundamentals of Metal Machining and Machine Tools*. McGraw-Hill, Tokyo, 1975.
3. Fryman, Mark A., *Quality and Process Improvement*. Thompson Learning Inc., New York, 2002.
4. Griffith, Gary K., *Measuring and Gaging Geometric Tolerance*. Prentice Hall, New Jersey, 1994.

5. Henzold, G., Handbook of Geometrical Tolerancing: Design, Manufacturing and Inspection. John Wiley & Sons, Chicester, England, 1995.
6. Hicks, Charles. R., Fundamental Concepts in the Design of Experiments. Rinehart and Winston Inc., New York, 1982.
7. Kalpakjian, Serope and Steven R. Schmid, Manufacturing Engineering and Technology. Pearson Education, India, 2002.
8. Mitra, Amitava, Fundamental of Quality Control and Improvement. McMillan Publishing Company, New York, 1993.
9. Montgomery, Douglas C., Design and Analysis of Experiments. John Willey & Sons, Canada, 1991.
10. Rochim, Taufiq, Teori & Teknologi Proses Permesinan. Proyek HEDS, Jakarta, 1993.
11. Ross, Phillip J., Taguchi Techniques for Quality Engineering. Mcgraw-Hill International, New York, 1996.
12. Santoso, Singgih, SPSS: Mengolah Data Statistik Secara Profesional. Elex Media Computindo, Jakarta, 1999.
13. Schey, John A., Introduction to Manufacturing Processes. McGraw Hill Inc., New York, 1988.
14. Sudjana, Prof. DR. M.A. M.Sc., Metode Statistika. Tarsito, Bandung, 1996.
15. Sudjana, Prof. DR. M.A., M.Sc., Desain dan Analisis Eksperimen. Tarsito, Bandung, 1995.
16. Walpole, Ronald E. and Raymond H. Myers, Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan. ITB, Bandung, 1995.